

PÄSSILINJOJEN PERINNÖLLISTEN OSUUKSIEN MUUTOKSET SUOMENLAMMASPOPULAATIOSSA

Titta Järveläinen
Maisterintutkielma
Helsingin yliopisto
Maataloustieteiden osasto
Kotieläinten jalostustiede
Toukokuu 2020

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta		Laitos — Institution — Department Maataloustieteiden osasto	
Tekijä — Författare — Author Titta Järveläinen			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Pässilinjien perinnöllisten osuuksien muutokset suomenlammaspopulaatiossa			
Oppiaine — Läroämne — Subject Kotieläinten jalostustiede			
Työn laji — Arbetets art — Level Maisterintutkielma		Aika — Datum — Month and year Toukokuu 2020	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 42 s.
<p>Tiivistelmä — Referat — Abstract</p> <p>Suomenlampaasta on alun perin kartoitettu 64 pässilinjaa. Pässilinjien vaikuttavuudessa populaatioon on suuria eroja, mutta pienempien linjojen elinvoiman säilyttäminen on tärkeää rodun perinnöllisen monimuotoisuuden ylläpitämiseksi. Tässä tutkielmassa selvitettiin eri pässilinjien ja yksittäisten jalostuseläinten kontribuutioita suomenlammaspopulaatiossa viimeisten vuosikymmenien aikana. Aineisto saatiin ProAgria Keskusten liitolta ja se sisälsi suomenlampaan sukupuutiedot vuosilta 1961-2017. Aineistossa oli tieto yksilön tunnistenumeroista, isästä, emästä, sukupuolesta, syntymäajasta, väristä, pässilinjasta ja katraasta. Analyysissä huomiotiin vain suurin populaatio, joka sisälsi 550340 yksilöä. Aineistosta arvioitiin sekä yksittäisten eläinten että isälinjojen marginaali- ja kokonaiskontribuutio kahden vuoden sykleissä alkaen vuosista 1998-1999. Aineistosta arvioitiin myös keskimääräinen sukupolvien välinen aika, sukusiitosasteen nousu ja tehollinen populaatiokokoo. Analyysit tehtiin RelaX2- ja RStudio-ohjelmilla. Sukusiitosarvo oli korkeimmillaan vuosina 2004 ja 2006 noin 2 %, mutta on tämän jälkeen ollut laskussa. Arvio suomenlampaan tehollisesta populaatiokoosta oli 107. Keskimääräinen sukupolvien välinen aika oli 3,15 vuotta. Isälinjoista ei havaittu yksittäistä linjaa, jolla olisi huomattavasti korkeampi kontribuutio kuin muilla linjoilla. Eri linjojen kontribuutioissa oli kuitenkin selkeitä eroja. Yksittäisten eläinten kontribuutioista listattiin populaatioon eniten vaikuttaneet eläimet. Valtaosalla eniten vaikuttaneiden yksilöiden isälinjat eivät olleet tiedossa, mutta muuten yksilöt kuuluivat viiteen eri isälinjaan. Yksittäisten eläinten kontribuutioita tarkastellessa löydettiin yksilöitä, jotka toistuivat useasta vuodesta toiseen. Osa yksilöistä saattoi vaikuttaa populaatiossa merkittävästi jopa 15 vuoden ajan. Näiden pitkään vaikuttaneiden yksilöiden kontribuutioiden havaittiin olevan tasaisessa kasvussa. Suomenlammas on elinvoimainen rotu, eikä yksittäisten linjan tai yksilön kontribuutio ole huolestuttavalla tasolla. Harvalukuisempiin linjoihin on kuitenkin syytä panostaa, kun se vielä on mahdollista. Joissakin linjoissa pystyttiin myös näkemään selkeää kontribuutioiden laskua. Rodun perinnöllisen monimuotoisuuden takaimiseksi tulisi turvata kaikkien linjojen säilyminen.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords kotieläinjalostus, suomenlammas, pässilinja, kontribuutio			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Viikin kampuskirjasto			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information Työtä ohjasi professori Pekka Uimari			

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Faculty of Agriculture and Forestry		Laitos — Institution — Department Department of Agricultural Sciences	
Tekijä — Författare — Author Titta Järveläinen			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Changes in contribution of different sire lines in Finnsheep population			
Oppiaine — Läroämne — Subject Animal breeding science			
Työn laji — Arbetets art — Level Master's thesis	Aika — Datum — Month and year May 2020	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 42 p.	
<p>Tiivistelmä — Referat — Abstract</p> <p>Originally, there has been 64 sire lines in Finnsheep. Contribution of different sire-lines on population varies but it is important to maintain vitality of the rare lines to ensure genetic diversity of the breed. This thesis presents the results of the contributions of the sire lines and separate individuals on Finnsheep during the past decades.</p> <p>The pedigree data were received from ProAgria – Rural Advisory Center including animal id, sire, dam, sex, date of birth, colour, sire line, and herd from 1961 to 2017. Only the largest population, which had 55 0340 animals, was considered in the analysis. Individual animal and sire lines marginal contributions and total contributions in two years cycles starting on years 1998-1999 were estimated. In addition, generation interval, average inbreeding and effective population size were estimated. All the analysis were done with Relax2- and RStudio-programs.</p> <p>The highest average inbreeding was 2 % in 2004 and 2006 but after that average inbreeding has declined. The estimated effective population size of Finnsheep is 107. Generation interval has been 3,15 years. None of sire lines had significantly higher contribution than the other lines. However, different lines had differences in their contributions. Animals that had the largest impact to the population were listed and belonged to five sire lines or had unknown sire line. An individual animal could have contribution to the population as long as 15 years. It was discovered that those individuals had steady increase of contribution.</p> <p>None of the individuals or sire lines had their contributions at too high level. Focus should be on rare line when it is still possibly. In some lines there was possibly to see decline of contribution through the years. In order to maintain genetic diversity in Finnsheep it is important to secure a sufficient number of animals in all the sire lines.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords animal breeding, Finnsheep, sirelines, contribution			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Viikki Campus Library			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information Supervisors: Professor Pekka Uimari			

Sisällys

1 JOHDANTO.....	5
2 SUOMENLAMMAS	6
2.1 Suomenlampaan historia ja kehitysnäkymät	7
2.2 Suomenlampaan isälinjat.....	9
2.3 Suomenlampaan jalostus	10
2.4 Suomenlammas molekyyligeneettisestä näkökulmasta.....	11
3 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET	13
4 AINEISTO JA MENETELMÄT	13
4.1 Aineisto ja sen käsittely.....	13
4.2 Populaatiot ja isälinjat	14
4.3 Tehollinen populaatiokoko.....	16
4.4 Kontribuutiot	17
4.5 Sukupolvien välinen aika	18
5 TULOKSET	18
5.1 Sukupolvien välinen aika ja tehollinen populaatiokoko.....	20
5.2 Sukusiitosasteen kehitys.....	20
5.3 Isälinjojen kontribuutiot	21
5.4 Yksittäisten eläinten kontribuutiot	27
6. TULOSTEN TARKASTELU	29
6.1 Kontribuutiot	30
6.2 Sukusiitos	32
6.3 Tehollinen populaatiokoko.....	34
6.4 Sukupolvien välinen aika	34
7. JOHTOPÄÄTÖKSET	35
KIITOKSET	36
LÄHTEET	37

1 JOHDANTO

Suomenlammas on yksi Suomen kolmesta maatiaislammasrodusta, ja täten osa Suomen kulttuurihistoriaa. Suomenlampaan jalostustoimintaa on ollut olemassa jo reilut 100 vuotta. Suomenlammas on keskikokoinen, hyvät emo-ominaisuudet omaava rotu, joka kykenee ympärivuotiseen karitsointiin. Alkuperäisrotuna suomenlammas on hyvin sopeutunut vallitseviin ilmasto-olosuhteisiin. Tutkimustiedon lisääntyminen esimerkiksi ilmastomuutoksesta tuo selkeästi esille sen, että alkuperäisrotujen elinvoiman ylläpitäminen on tärkeää myös tulevaisuudessa. Suomenlammas on myös kansainvälisesti kiinnostusta ja suosiota herättänyt rotu, sillä se on suosittu risteytystuotannossa.

Lammas on monipuolinen tuotantoeläin, joka soveltuu hyvin erilaisiin tuotantosuuntiin ja tilaratkaisuihin (Höggblom 2007). Karitsan- ja lampaanlihan tuotanto on yleisin tuotantosuunta, mutta lampaasta saadaan myös villaa, taljoja ja maitoa. Lammas soveltuu hyvin myös luomutuotantoon. Suomessa karitsan- ja lampaanlihan tuotantomäärät ovat nousseet aina vuoteen 2018 saakka, jolloin kotimaista lampaanlihaa tuotettiin 1,52 miljoonaa kiloa (Luke tilastotietokanta). Suomenlammas voi soveltua hyvin myös osaksi green care-toimintaa sekä hoivamaatilakonseptia, jossa maatilalla tapahtuva toiminta ja tekeminen nähdään resurssina hyvinvoinnin edistämiseksi (Soini 2007). Lihan lisäksi suomenlampaasta saadaan hyvälaatuista villaa ja eri värisiä taljoja.

Suomessa on kansallinen eläingenivaraothjelma, ja Suomi on mukana Pohjoismaiden Geenivarakeskus NordGen:n toiminnassa. YK:n Elintarvike- ja maatalousjärjestö FAO on asettanut maailmanlaajuisen toimenpidesuunnitelman eläingenivarojen toteuttamiselle (FAO 2007). Geenivaraohjelman tehtävänä on ylläpitää lajien perinnöllistä monimuotoisuutta ja huolehtia etteivät alkuperäisrodut kuole sukupuuttoon. Lisäksi eläingenivaraohjelmassa ylläpidetään ja kehitetään eläingenivaroihin liittyvää tietoa ja osaamista (Kansallinen geenivaraohjelma).

Suomenlampaan säilytystä on toteutettu sekä *in vivo*- ja *in vitro*-menetelmillä. *In vitro*-menetelmässä suomenlammaspässien siemennestettä on pakastettu, lisäksi ohjelman tavoitteena on ollut suomenlampaiden alkioiden pakastus. *In vivo*-menetelmässä säilytys toteutetaan elävissä karjoissa. Esimerkiksi Pelson vankila on yksi suomenlampaan eläviä geenipankkeja. Valitettavasti vankilamaatila lopettaa toimintansa vuoteen 2023 mennessä, ja vankilamaatilan alkuperäisrotukarjoille etsitään uusia sijoituspaikkoja

(Sihvonen 2019). Suomenlampaan rodun tila luokitellaan elinvoimaiseksi (Kansallinen geenivaraohjelma).

Maataloudessa on tehokkaan tuotannon rinnalle noussut myös ideologialtaan erilaisia suhtautumistapoja tuotannon mahdollisuuksista (Soini 2007). Tällaisissa tapauksissa alkuperäisrodut, kuten suomenlammas, voivat sopia loistavasti osaksi luonnonmukaista, pehmeitä arvoja edustavaa toimintaa. Suomenlammas voi tuoda rotunsa puolesta lisäarvoa yrityksen toimintaan myös esimerkiksi maisemalaidunnuksessa tai lähiruuassa. Lisäksi kuluttajien ostokäyttäytymisessä näkyy yhä kasvamassa määrin yksilöllisen identiteetin haku, terveellisuuden arvostus, ruuantuotannon eettisyys ja symboliset arvot. (Soini 2007)

Jokainen suomenlampaan isälinja perustuu tiettyyn kantapässiin, jonka id-tunnus ja alkuperä on selvitetty. Pässilinjien kunnollinen selvittäminen ja kirjaaminen alkoi vasta vuonna 2007. Pässilinjien selkeä kartoitus ja tietojen ylläpito on tärkeä osa rodun jalostusta. Osa tiedetyistä linjoista on jo ehtinyt kadota, eikä linjoista löydy eläviä päsejä. Ylläpitämällä isälinjojen elinvoimaisuutta voidaan varmistaa rodun perinnöllisen monimuotoisuuden säilyminen. Isälinjoissa olevat värit pyritään pitämään puhtaana mahdollisuuksien mukaan, ja värien sisällä ylläpitämään kaikkia linjoja. Linjojen pässimäärän seuraaminen varmistaa, että myös harvinaisimpia linjoja käytetään jalostukseen ja niissä syntyy uusia päsejä. Tilatasolla lampureiden tekemä työ on tärkeää rodun elinvoimaisuuden näkökulmasta (Soini 2007).

Tämän tutkielman tavoitteena oli tarkastella suomenlampaan pässilinjien vaikutusta populaatioon. Isälinjojen elinvoimaisuutta seuraamalla saadaan tärkeää tietoa miten eri linjat ovat vaikuttaneet populaatioon vuosien saatossa. Isälinjojen kontribuution lisäksi tarkasteltiin populaatioon eniten vaikuttaneita yksilöitä. Lisäksi arvioitiin keskimääräinen sukupolvien välinen aika, sukusiitosasteen kasvu populaatiossa ja suomenlampaan tehollinen populaatiokoko.

2 SUOMENLAMMAS

Suomenlammas on yksi kansallisroduistamme. Suomenlammas on luonnostaan nupo, lyhythäntäinen rotu. Keskipaino uuhilla on noin 90 kiloa, päseillä jonkin verran

enemmän. Lampaat ovat perinteisesti lyhyen päivän kausilisääntyjiä, mutta suomenlampaan kiimat voivat esiintyä ympäri vuoden, ja suomenlammas voi tulla kantavaksi mihin vuodenaikaan tahansa. Suomenlampaan yksi voimavara onkin kyky ympärivuotiseen karitsointiin. Lisäksi suomenlammas on tunnettu suuresta vuonuekoostaan ja erinomaisista emo-ominaisuuksistaan. Korkeaan sikiävyyteen on vaikuttanut rodun alkuperäinen kantakirjavaatimus useammasta, vähintään 2-3 karitsan, vuonueesta. Nykyisessä kantakirjassa ei ole vaatimuksia vuonuekoolle (Suomenlampaan jalostusopas 2016). Suomenlampaan hyvän sikiävyyden oletetaan johtuvan historiallisesti myös siitä, että ykkösinä syntyneet karitsat kasvoivat parhaiten ja täten ne teurastettiin nuorempina. Monikkokaritsat saivat kasvaa aikuisiksi ja pääsivät jatkamaan sukua (Majjala, 1988). Hyvän eläinaineksen ja managementin yhteistyönä suomenlampaan vuonuekoossa voidaan pyrkiä esimerkiksi kolmeen karitsaan (Suomenlampaan jalostusopas 2016). Eläinmäärän ollessa suuri, ei tiloilla välttämättä ole mahdollisuuksia tai resursseja monikkokaritsojen tarvitsemaan tehohoitoon. Tämän takia vuonuekoossa on hyvä tavoitella määriä, jotka emo kykenee itsenäisesti hoitamaan mahdollisimman hyvin.

Erinomaisten emo-ominaisuuksiensa takia suomenlammas on tunnettu myös kansainvälisesti. Suomenlampaan vienti ulkomaille aloitettiin 1960-luvulta ja suomenlammaspopulaatioita löytyy arviolta noin 35-40 maasta (Vähämetsä 2002, Suomenlampaan jalostusopas 2016). Euroopassa ja Amerikassa suomenlammas on suosittu rotu risteytystuotannossa.

2.1 Suomenlampaan historia ja kehitysnäkymät

Majjala (1988) on selvittänyt, että suomenlampaan historiasta on esitetty kahta eri variaatiota. Ensimmäisessä vaihtoehdossa suomenlampaan alkuperän uskotaan olevan kotoisin lännestä, ja toisessa teoriassa rodun uskotaan olevan kotoisin idästä. Idästä tulevaa teoriaa tukee kudontaan liittyvä sanasto, ja suomalaisten kulkureitti idän kautta Suomeen. Lännestä tulevaa teoriaa tukee saksan kielestä suomen kieleen lainattu lammas-talouden sanasto. Lyhythäntälammasrotuja löytyy myös muualta Skandinavian alueelta ja Pohjois-Euroopasta. Suomenlampaan perimää selvittämällä on pystytty todentamaan, että suomenlammas polveutuu vanhimmist Eurooppaan tuoduista lammaskannoista

(Manninen 2012, Kantanen 2007). Lampaan emälinjat on mitokondrio-DNA-sekvensien avulla määritelty 5 eri linjaan, joista suomenlammas on kytketty kahteen vanhimpaan (Kantanen 2007). Tämä voi viitata siihen, että suomenlammas on kulkeutunut meille idästä. Todennäköistä on, että perustajapopulaatiot ovat saapuneet Suomeen eri aikakausina (Kantanen 2007).

Suomenlampaan jalostaminen aloitettiin vuonna 1918 jolloin perustettiin Lampaanjalostusyhdistys (Maijala 1988). Lampaiden arvostelu ja kantakirjaus aloitettiin vuonna 1922. Ensimmäinen kantakirja julkistettiin vuonna 1929 ja siinä oli 113 pässiä ja 390 uuhta. Samaan aikaan huomattiin, että koillisen ja lounaan lammaspopulaatiot erosivat toisistaan aikuiskoossa. Koillisen populaatio oli suurempi, eikä siihen ollut sekoittunut muita lammasrotuja. Koillis-Suomessa esiintyvä lammastyyppeä valittiin jalostuksen lähtökohdaksi. Järjestelmällinen tietojen keruu aloitettiin vuonna 1948 (Maijala 1988).

Suomenlampaan pääasiallinen tehtävä ensimmäiseen maailmansotaan asti oli villan tuotanto erityisesti talouksien omaan käyttöön. Vaikka eläinmäärät olivat ajoittain suuria, ei elintarvikemyymälöissä ollut tarjontaa tai kysyntää lampaanlihalle (Maijala 1988). Villan hinnan laskiessa ei lampaan villan tuotanto enää ollut taloudellisesti järkevää (Luukkonen ym. 2012). 1950-luvulla elintason nousu nosti lihan hintaa ja kannusti lihantuotantoon panostamiseen. Suomenlampaasta kehittyikin ns. yhdistelmärotu, joka tuottaa sekä hyvälaatuista villaa että lihaa. Suomen liittyminen Euroopan Unioniin vuonna 1995 vaikutti karitsanlihan hintaan vähentäen lampaanlihaa tuottavien tilojen määrää, kunnes vuonna 2001 tukipolitiikan ja uusien markkinoiden myötä lampaiden määrä lähti nousuun (Li, ym. 2009).

Suomalaisen lampaanlihan kysyntä ja arvostus ovat nousseet 2010-luvulta. Vuosina 2010 ja 2011 Uusi-Seelanti ja Australia kärsivät lampaanlihantuotannon kannalta epäsuotuisista ilmasto-olosuhteista ja suomalaisen karitsanlihan kysyntä nousi (Luukkonen ym. 2012). Vuonna 2012 karitsanlihantuotannon omavaraisuus oli 23 % (Parikka 2012). Vuonna 2015 päättyneessä valtakunnallisessa lammasstrategiassa yhdeksi tavoitteeksi oli kirjattu suomalaisen karitsanlihantuotannon omavaraisuuden nosto 50 %:iin. Vuonna 2016 omavaraisuus oli 35 % lampaanlihan osalta ja 50 % karitsanlihan osalta (Kantar TNS 2017). Valtakunnallisessa lammasstrategiassa 2016-2022 (Suomen lammasyhdistys 2018) yhtenä tavoitteena on nostaa kotimaisen karitsanlihan kulutus yhteen kiloon henkeä kohden. Tavoitteena on myös kehittää erityistä finnsheep-brändiä (Suomenlampaan jalostusopas 2016).

2.2 Suomenlampaan isälinjat

Suomenlampaan jalostusoppaaseen koottiin tiedot suomenlampaanpässilinjoiista helposti päivitettävään ja käytettävään muotoon vuonna 2007. Alkuperäisessä selvityksessä Veikko Pyykkönen oli kirjannut 64 pässilinjaa, josta tarkemman selvitystyön jälkeen merkittiin 50 elossa olevaa pässilinjaa. Lisäksi 11 linjaa toimii pelkästään uuhien isien linjoina. Linjoja on myös yhdistetty tapauksissa, jossa kahdella linjalla on yhteiset esivanhemmat. Eri linjojen yhdistäminen on esitetty taulukossa 1. Lisäksi selvitystyön aikana löydettiin kaksi uutta pässilinjaa.

Taulukko 1. Pässilinjojen yhdistyminen (Suomenlampaan jalostusopas 2016)

Seurattava linja	13	14	18	23	30	33	38	60
Yhdistetyt linja/t	27	28	29	32, 54	40	36	50, 51	61

Edellä mainittujen linjojen lisäksi suomenlampaan jalostusoppaaseen on myöhemmin lisätty uusia pässilinjoi. Yksi näistä linjoista on alun perin muista lampaista eristyksistä sijainnut populaatio, joka geneettisesti todennettiin puhtaaksi suomenlampaaksi (Manninen 2012). Jaalan linja (isälinjan numero 68) löydettiin vuonna 2005 nimensä mukaisesti Jaalasta. Löydetty katras oli lisääntynyt hallitsemattomasti keskenään ja oli sisäsiittoinen. Mikrosatelliitti-DNA-merkkien avulla populaatio tunnistettiin suomenlampaaksi ja se sai oman linjanumeronsa. Linjan 68 pässit ovat sarvekkaita, ja eläinten värikirjo on hyvin laaja. Persoonallisen ulkonäkönsä vuoksi katraan arveltiin alun perin kuuluvan kainuunharmakseen (Manninen 2012). Lisäksi linjat 80 ja 81 ovat keinosiemennyksen kautta pelastettuja linjoja (Suomenlampaan jalostusopas 2016).

Suomenlampaan jalostusoppaassa (2016) kerrotaan sekä elävistä pässilinjoiista, että linjoista, joista ei enää löydy eläviä päsejä. Lisäksi oppaaseen on kerätty jalostuspässien mittoja, kuten rinnan leveys ja yksilön korkeus. Jokainen linja on esitelty myös erikseen. Linjasta kerrotaan nimi, linjan yleiskuvaus sekä joidenkin esimerkkipässien tietoja. Lisäksi linjoista on valittu yksi pässi, josta kerrotaan sukutiedot, mahdolliset arvostelut ja indeksitiedot.

Linja 4 on valkoinen Ministerin linja, jonka, jonka eläimet ovat tyypillisesti leveärintaisia ja syvärunkoisia. Linja 6 on Pontuksen linja, joka on valkoista villaa periyttävä linja. Linja mielletään pitkärunkoiseksi ja leveärintaiseksi. Linjan 7 vahvuutena on hyvärinta. Linja 18, Kaunon linja, on pääasiallisesti musta linja, mutta siinä esiintyy myös ruskeita ja valkoisia yksilöitä. Linjan 18 eläimet ovat tyypillisesti kookkaita, pitkärunkoisia ja leveärintaisia. Linja 34 on Maisiksen linja. Se on valkoinen linja, mutta siitä löytyy myös ruskeita päsejä. Linjan eläimet ovat tyypillisesti syvärunkoisia ja leveärintaisia. Linja 43 on matala ja pitkärunkoinen sekä leveärintainen. Linja 44 on Masan linja, jonka yksilöt ovat väriltään valkoisia, syvärunkoisia ja leveärintaisia.

Suomen lammasyhdistys sivuilla löytyvät ”pässiliikennevalot”. Pässiliikennevalojen avulla havainnollistetaan, kuinka monella tilalla on kutakin pässilinjaa. 4.2.2020 (Suomenlampaan pässiliikennevalot) päivitetystä liikennevalossa linjat 2,13/27, 25, 31, 47, 56, 68, 80 ja 81 ovat punaisella, eli linjojen päsejä on käytössä korkeintaan viidellä tilalla. Pässiliikennevalojen avulla pystytään hyvin selkeästi ilmaisemaan eri linjojen tilanne. Katraiden omistajat pystyvät myös helposti tarkastamaan omien linjojensa tilanteen ja yleisyyden. Harvinaisimpien linjojen pässien omistajia pyydetään pässiliikennevalojen yhteydessä olemaan yhteydessä Ahlskogiin.

2.3 Suomenlampaan jalostus

Tärkeänä suomenlampaan jalostusohjelmantavoitteena on rodun elinvoiman ylläpito ja kehittäminen (Suomenlampaan jalostusopas 2016). Tuotosominaisuuksissa keskitytään erityisesti hyvän hedelmällisyyden ylläpitoon, hyvään villan laatuun ja rakenteen laadun parantaminen. Suomenlampaassa esiintyy kolmea värimuunnosta; valkoinen, musta ja ruskea (Kuva 1). Lisäksi suomenlampaita esiintyy jonkin verran kirjavana ja harmaana. Värit pyritään pitämään mahdollisuuksien mukaan puhtaina. Valkoisen suomenlampaan jalostuksessa on keskitytty erityisesti lihantuotantoon, joten on tyypillistä, että niiden lihantuotanto-ominaisuudet ovat hiukan edellä ruskeita ja mustia suomenlampaita. Hyvin suunnitellulla linjojen risteyttämisellä voidaan laajentaa geenipoolia ja parantaa tuotosominaisuuksia.



Kuva 1. Mustia ja valkoisia suomenlammasuuhia (kuva: Rissanen 2012)

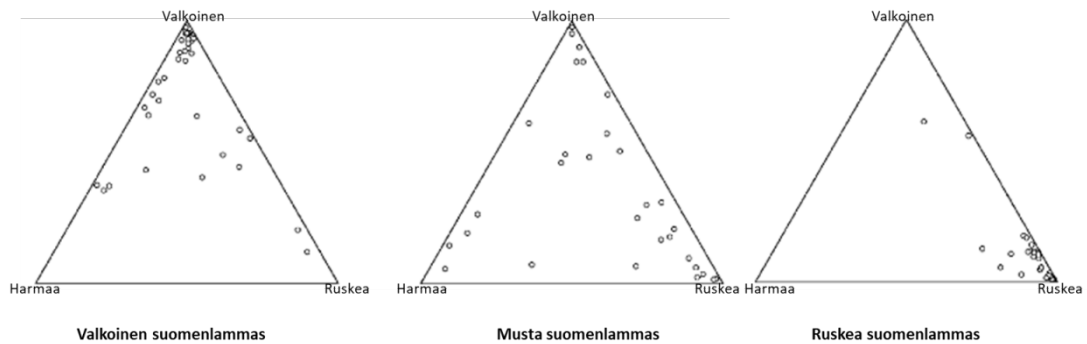
Lampaanjalostuksen avuksi otettiin vuonna 1992 käyttöön BLUP-kasvuindeksi (BLUP: Best Linear Unbiased Prediction). Vuonna 2002 alettiin laskea myös EUROP-indeksi, joka kuvaa elävän eläimen lihaksikkuutta, ja vuonna 2006 lihantuotantoindeksi. Nykyään kaikille puhdasrotuisille lampaille lasketaan 4 kuukauden indeksi, lihakkuus- ja rasvaindeksi sekä yhdistelmäindeksinä lihantuotantoindeksi. Lihantuotantoindeksissä suurin painotus on lihaksen paksuudella ja 4 kuukauden painolla. Myös EU:n rahoittama karitsan teuraspalkkio, joka myönnetään yli 18 kilon teuraspainosta, on ohjannut suomenlampaan jalostusta.

Suomenlampaan jalostusoppaaseen (2016) on pääsilinjojen kuvausten lisäksi kerrottu myös suomenlampaan erityisominaisuuksista. Jalostuksen tavoitteita ovat rodun tulevaisuuden turvaaminen sekä uuhien ja päässien tavoitekoon ja lihaominaisuuksien kehittäminen. Optimaaliseksi vuonuekooksi on määriteltä kolme karitsaa. Suomenlampaan rakenteen virheinä pidetään ahdasrintaisuutta, notkoselkäisyyttä, heikkoa takarunkoa, huonoja jalkoja tai kuroutumaa lapojen takana (ProAgria 2016). Näitä ominaisuuksia omaavia yksilöitä tulisi karsia katraasta.

2.4 Suomenlammas molekyyligeneettisestä näkökulmasta

Mikrosatelliittien ja proteiinialleelien avulla on voitu osoittaa, että valkoinen ja musta suomenlammas ovat lähempänä toisiaan kuin ruskea suomenlammas (Tapio ym. 2003).

Erityisesti proteiinialleleja tarkastellessa ruskea suomenlammas oli geneettisesti etäällä valkoisesta ja mustasta suomenlampaasta. Mikrosatelliitteja tarkastellessa taas musta suomenlammas ei muodostanut niin selkeää erillistä populaatiota kuin valkoinen ja ruskea (Kuva 2, Tapio ym. 2003).



Kuva 2. Havaintokuva suomenlampaan eri värityyppien geneettisestä taustasta mikrosatelliittimerkkeihin perustuen. Mitä lähempänä piste (yksilö) on tiettyä nurkkaa sitä enemmän yksilö kantaa kyseisen nurkan geenejä. Jokainen kolmio kuvaa lampaan yhtä värityyppiä (mukaellen; Tapio ym. 2003).

Kuvan 2 tulokset voivat selittyä sillä, että harvinaisemman ruskean värin säilyttämiseksi on käytössä ollut suppeampi jalostusmateriaali. Musta suomenlammas taas ilmentää sekä dominanttia että resessiivistä mustaa. Ruskeissa suomenlampaissa havaittiin geneettistä pullonkaulaa mikrosatelliittien alleelien osalta, mutta pullonkaulaa ei kuitenkaan huomattu proteiinialleleja tarkastellessa. Lisäksi valkoisen ja ruskean suomenlampaan osalta havaittiin matalampaa vanhempien sukulaisuutta, kuin satunnaisessa pariutumisessa ilmenevä keskiarvo (Tapio ym. 2003).

Mikrosatelliittien avulla on tutkittu myös Pohjois-Euroopan lammasrotujen perinnöllistä monimuotoisuutta (Tapio ym. 2005). Tutkimuksessa suomenlammas laskettiin samaan koillisrykelmään kainuunharmaksen, hienovillalampaan ja Vienen lampaan kanssa. Tutkimuksessa suomenlammas sai korkeat arvot rodun sisäisestä geneettisestä vaihtelusta, samoin kuin alleelien monipuolisuudesta. Suomenlammas oli myös yksi 15 rodusta, jotka listattiin tärkeimmiksi geneettisen monimuotoisuuden lisääjiksi Pohjois-Euroopan lammasroduista (Tapio ym. 2005).

52 lammasrodusta Euraasian alueella selvitettiin mikrosatelliittimarkkereita ja selvitettiin rotujen sisäistä vaihtelua ja rotujen välisiä eroja (Tapio ym. 2010). Suomenlammas

ja kainuunharmas sijoittuivat pohjoismaiseen ryhmään, johon kuului lähinnä pohjoisen olosuhteisiin sopeutuneita alkuperäisrotuja. Lisäksi ne muodostivat oman alaryhmänsä. Tutkimuksessa (Tapio ym. 2010) suomalaiset roduilla ei ollut poikkeavan suurta geenien tai alleelien monimuotoisuutta. Suomenlammas ja kainuunharmas muodostivat omat ryhmänsä myös verrattaessa venäläisiin ja baltialaisiin rotuihin (Tapio ym. 2007).

3 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET

Tämän maisteritutkielman tavoitteena oli selvittää suomenlampaan pässilinjojen kontribuutioita eri vuosina. Tutkimuksessa selvitettiin myös suurimpaan populaatioon eniten vaikuttaneita eläimiä, ja tarkasteltiin näiden isälinjoja. Lisäksi tavoitteena oli pohtia, mitkä asiat vaikuttavat tiettyjen linjojen suosioon.

4 AINEISTO JA MENETELMÄT

Tutkielmassa käytetty aineisto on saatu ProAgria Keskusten liitolta. Alkuperäisessä aineistossa oli mukana suomenlammasyksilöiden lisäksi myös ahvenmaanlampaan ja kainuunharmaksen eläimiä. Aineistossa oli tieto yksilön tunnistusnumerosta, isästä, emästä, sukupuolesta, syntymäajasta, väristä, pässilinjasta ja katraasta. Ensimmäiset yksilöt olivat vuodelta 1961 ja viimeiset vuodelta 2017. Vuoden 2017 aineisto ei käsittänyt koko vuotta. Aineistoa käsiteltiin Relax2-ohjelmalla (Strandén ja Vuori 2006) sekä R-studio-ohjelmalla (2009-2020 RStudio, Inc.).

4.1 Aineisto ja sen käsittely

Aineistosta poimittiin rotukoodilla ”S” olevat suomenlampaat, jonka jälkeen aineistoon jäi 578147 eläintä. Aineistosta poistettiin myös eläimet, joiden molemmat vanhemmat tai toinen vanhemmista olivat tuntemattomia, tai joilla oli vähemmän kuin kaksi jälkeläistä koska nämä eläimet aiheuttaisivat harhaa sukusiitosasteen laskemisessa.

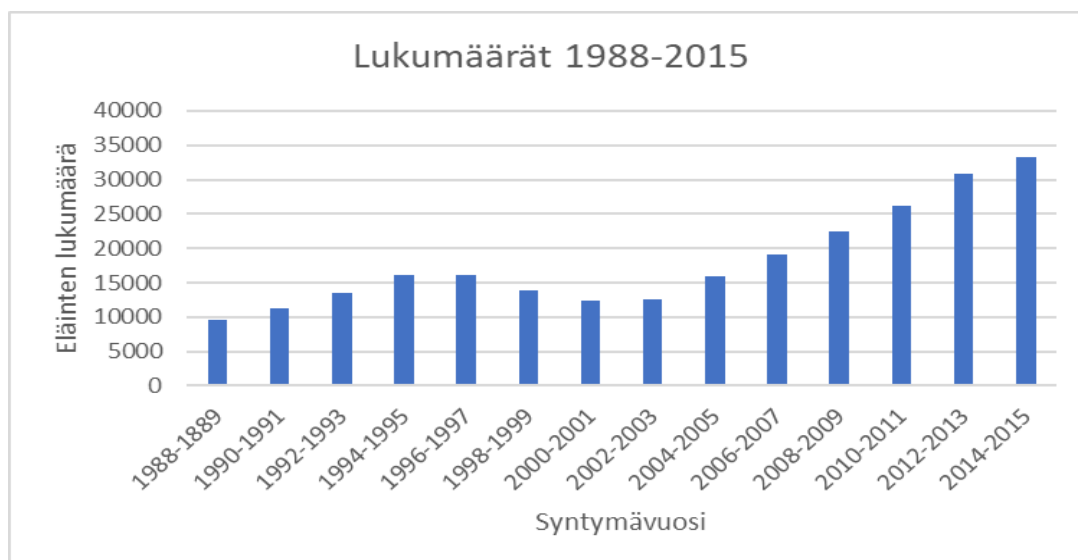
Aineistosta poistettiin myös kaikki ne eläimet, joilla ei ollut sukulaisuussuhdetta aineiston suurimman populaation (kaikki eläimet joltain kautta sukua keskenään) kanssa.

Yksilöitä, joiden id oli sama kuin niiden vanhempien, oli 20 kappaletta. Tällaisten yksilöiden vanhemmat merkittiin tuntemattomiksi. Lisäksi aineistoissa oli 265 kappaletta eläimiä, joiden sukupuolia korjattiin aineistoon. Sukupuutiedostossa oli myös eläimiä, jotka oli merkitty eri kohdissa sekä urokseksi että naaraaksi.

4.2 Populaatiot ja isälinjat

Vaikka kaikki lampaat oli rekisteröity Suomessa, osa aineistosta löytyvistä eläimistä ei ollut sukua suurimmalle osalla muita lampaita ja muodostivat näin oman populaationsa. Eri populaatioilla ei ole yhteisiä esivanhempia tai jälkeläisiä. Tarkasteltavasta aineistosta löytyi yhteensä 160 erillistä populaatiota. Mukana oli useita pieniä, 4 yksilön populaatioita. Suurimmassa populaatiossa oli yhteensä 550340 yksilöä. Muita kuin suurimpaan populaatioon kuuluvia eläimiä oli 4789 kappaletta. Tässä tutkielmassa käsitellään ainoastaan suurinta populaatiota.

Aineistoa käsiteltiin kahden vuoden sykleissä, joista ensimmäinen oli vuodet 1988-1989 ja viimeinen vuodet 2016-2017. Vuoden 2017 osalta tiedot olivat vajavaiset, joten vuosien 2016-2017 lukumääriä ei voi verrata muihin vuosiin. Kuvassa 3 on esitetty suurimman populaation yksilömäärät eri vuosina. Populaation koko oli alhaisimmillaan vuosina 2000-2001 jolloin eläinten lukumäärä oli 12 329 kappaletta. Lukumäärissä näkyy todennäköisesti viiveellä Euroopan Unioniin liittyminen vuonna 1995. 2000-luvulla karitsan- ja lampaanlihan kysynnän kasvu näkyy myös viiveellä lukumäärien tassaissa nousussa 2004-2005 asti. Esimerkiksi vuosien 2002-2003 ja vuosien 2004-2005 välillä lampaiden lukumäärä kasvoi 3 358 kappaleella.



Kuva 3. Suurimman populaation koon kehitys kahden vuoden jaksoissa.

Eniten yksilöitä oli rekisteröity linjoihin 6, 7, 18, 34 ja 43. Kaikki yleisimmät linjat olivat väriltään valkoisia, lukuun ottamatta linjaa 18 jossa esiintyi kolmea väriä: valkoinen, musta ja ruskea. Taulukossa 2 on jaoteltu isälinjoihin kuuluvat yksilöt. Linjoista 9, 10, 26, 27, 29, 32, 35, 53, 54, 60 ja 80 löytyy vain muutama yksilö. Isälinjat, joista löytyy tarkasteltavasta populaatiosta vain muutamia yksilöitä, saattavat olla keskittyneet johonkin pienempään populaatioon.

Taulukko 2. Isälinjoihin kuuluvien yksilöiden lukumäärä suurimmassa populaatiossa vuosina 1988-2017

Isälinjat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lukumäärä 1988-2017	901	1692	2151	3471	11	4424	3309	290	16	25
Isälinjat	12	13	14	15	16	17	18	19	21	22
Lukumäärä 1988-2017	1603	177	892	943	1277	2149	6797	2731	1127	215
Isälinjat	23	24	25	26	27	29	30	31	32	33
Lukumäärä 1988-2017	2206	1013	478	11	32	6	1618	1023	5	2110
Isälinjat	34	35	36	37	38	41	43	44	45	47
Lukumäärä 1988-2017	5534	10	291	1	1480	135	4386	4062	2172	239
Isälinjat	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57
Lukumäärä 1988-2017	66	3	23	708	141	51	52	1983	403	173
Isälinjat	59	60	62	63	64	66	67	68	80	81
Lukumäärä 1988-2017	552	19	248	7	2962	97	227	1	9	2

4.3 Tehollinen populaatiokoko

Tehollinen populaatiokoko kuvaa sitä määrää yksilöitä ideaalipopulaatiossa, joka aiheuttaa samansuuruisen sukusiitosasteen kasvun kuin mitä havaitaan tarkasteltavassa populaatiossa. Ideaalisessa populaatiossa pariutuminen on täysin sattumanvaraista, sukupolvissa ei ole päällekkäisyyttä ja mutaatiota ei tapahdu (Falconer ja Mackay 1996).

Tehollinen populaatioko (N_e) arvioitiin Relax2-ohjelmalla käyttämällä kahta menetelmää: Gutierrez, ym. (2008) ja Gutierrezin, ym. (2009). Molemmissa menetelmissä tehollinen populaatiokoko arvioidaan käyttämällä sukusiitosastetta ja sen kasvua. Jälkimmäisessä menetelmässä on korjattu Gutierrez, ym. (2008) havaittua tehollisen populaatiokoon yliestimointia. Tässä tutkielmassa käytetään vuonna 2009 julkaistua menetelmää. Sukusiitoksen muutos arvioitiin kaavalla

$$\Delta F_i = 1 - {}^{t_i-1}\sqrt{1 - F_i}$$

Jossa

i = yksilö

F_i = sukusiitosaste

t_i = täydellisten sukupolvien määrä

Tehollisen populaatiokoolla on käänteinen suhde sukusiitosasteen kasvuun (Falconer ja Mackay 1996).

$$N_e = \frac{1}{2\Delta F}$$

jolloin tehollisen populaatiokoon estimaatti saadaan kaavalla:

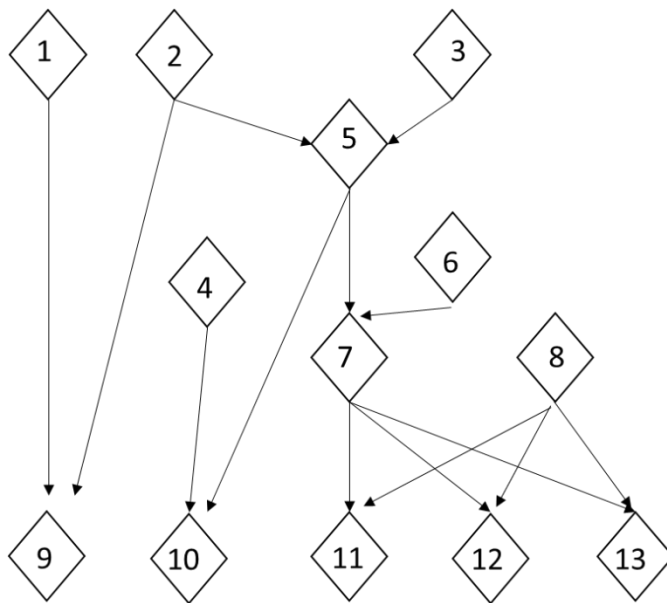
$$\hat{N}_e = \frac{1}{2\Delta \bar{F}}$$

4.4 Kontribuutiot

Kontribuutioita määritettäessä pyritään selvittämään, kuinka alkuperäinen geenipooli vaikuttaa tämänhetkiseen populaatioon (Boichard, ym 1997). Aineistosta tarkasteltiin sekä marginaali- että kokonaiskontribuutiota. Kokonaiskontribuutiolla kuvataan yksilön keskimääräistä sukulaisuutta tarkasteltavaan populaatioon. Marginaalikontribuutiossa pyritään poistamaan intensiivisen valinnan vaikutusta, joka saattaa väärentää tuloksia. Huomioon otetaan vain kontribuutiot, joita ei pystytä selittämään muilla esivanhemmilla ja käsiteltävien esivanhempien määrä pyritään minimoimaan.

Jokaiselle aineiston eläimelle laskettiin sen oma marginaali – ja kokonaiskontribuutio. Isälinjoille laskettiin kontribuutio poistamalle ensin aineistosta eläimet, joiden isälinjaa ei tunnettu ja sen jälkeen kunkin isälinjan kontribuutio saatiin jakamalla isälinjaan kuuluvien eläinten kontribuutioiden summa kaikkien eläinten kontribuutioiden summalla.

Kontribuutiot määriteltiin kahden vuoden sykleissä RelaX2-ohjelmalla, Boichard ym. (1997) menetelmän mukaisesti. Menetelmän havainnollistamiseksi kuvassa 4 on esitelty viiden eläimen tarkasteltava populaatio, johon kuuluvat uusimman sukupolven eläimet 9-13.



Kuva 4. Esimerkkipopulaation sukupuu (mukaellen Boichard ym. 1997)

Uusimman sukupolven eläinten sukulaisuusaste esivanhempaan 2 pystytään määrittämään polkujen avulla. Eläimen 2 kontribuutioksi viimeisessä sukupolveksi saadaan laskemalla sukulaisuuksien keskiarvoksi 0.225 $((0.5+0.25+3*0.125)/5)$

9 → 2: sukulaisuusaste 0.5

10 → 5 → 2: sukulaisuusaste 0.25 (0.5^2)

11 → 7 → 5 → 2: sukulaisuusaste 0.125 (0.5^3)

12 → 7 → 5 → 2: sukulaisuusaste 0.125 (0.5^3)

13 → 7 → 5 → 2: sukulaisuusaste 0.125 (0.5^3)

4.5 Sukupolvien välinen aika

Sukupolvien välinen aika ilmaisee minkä ikäisiä vanhemmat keskimäärin ovat jälkeläisten syntyessä. Sukupolvien välinen aika lasketaan jälkeläisten ja vanhempien syntymäaikojen erotuksista. Eri valintapoluissa (isä-poika, isä-tytär, emä-poika, emä-tytär) voi olla suuriakin eroja sukupolvien välisessä ajassa. Sukupolvien välinen aika voi pidentyä, jos lajin tai rodun sukukypsyys saavutetaan myöhäisellä iällä. Jalostuseläimillä niiden omien tulosten odottaminen pidentää myös sukupolvien välistä aikaa.

5 TULOKSET

Tulokset esitetään vain lopullisen aineiston (suurin populaatio) analyyseistä. Aineiston alkupään vuosina yksilömäärät ovat pieniä, joten yksittäisellä eläimellä voi olla suuri merkitys tarkasteltuun kokonaispopulaatioon, siksi tarkempaan tarkasteluun valittiin vuonna 1998 ja sen jälkeen syntyneet lampaat (Taulukko 3).

Taulukko 3. Suurimman populaation eri isälinjoihin kuuluvat yksilöt kahden vuoden sykleissä

[illegible]

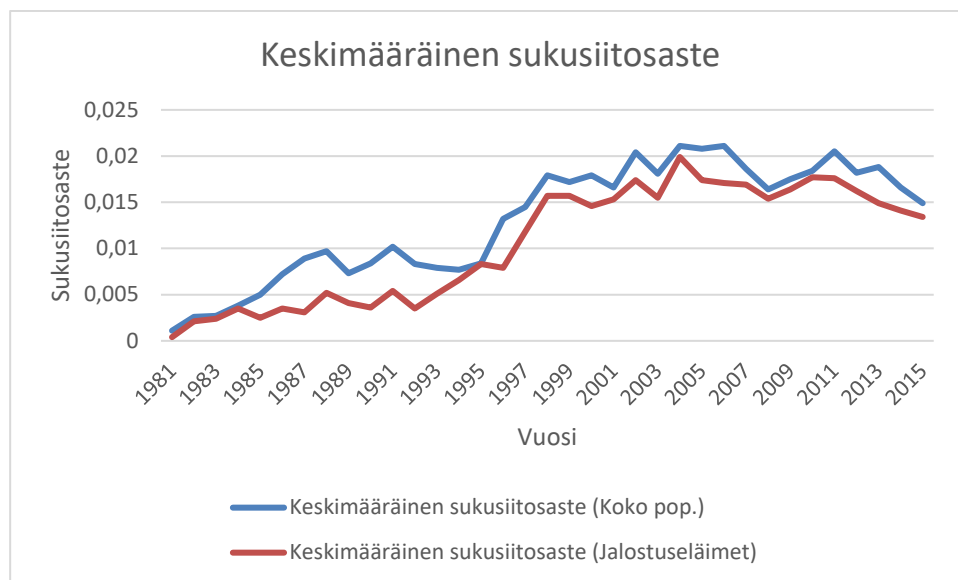
5.1 Sukupolvien välinen aika ja tehollinen populaatiokoko

Koko aineiston arvioitu tehollinen populaatiokoko on 104,25. Suurimmassa populaatiossa tehollinen populaatiokoko on 106,77.

Koko aineistossa sukupolvien välinen aika oli 3,15 vuotta. Pässeillä sukupolvien välinen aika oli 2,95 vuotta ja uuhilla 3,35 vuotta. Pässeistä niiden poikiin sukupolvien välinen aika oli 2,70 vuotta ja päseiltä tyttärille 2,9 vuotta. Uuhilta niiden pojille sukupolvien välinen aika oli 3,41 vuotta ja uuhilta niiden tyttäriin aika oli 3,31 vuotta

5.2 Sukusiitosasteen kehitys

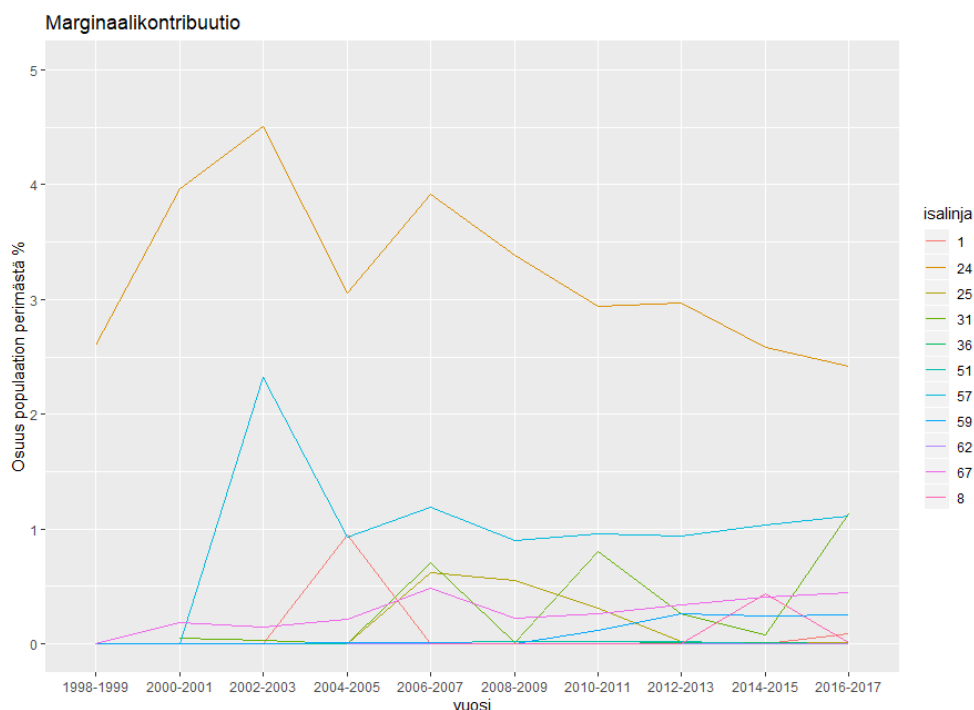
Suomenlampaan sukusiitosasteen kehitys on esitetty kuvassa 5. Kuvassa on sekä koko populaation että pelkästään jalostukseen käytettyjen yksilöiden keskimääräinen sukusiitosaste. Koko populaatiota koskevat arvot ovat lähes joka vuosi hieman korkeammat kuin pelkästään jalostukseen käytettyjen eläinten. Korkein keskimääräinen sukusiitosaste (0,02), saavutettiin koko populaatiossa vuosina 2004 ja 2006.

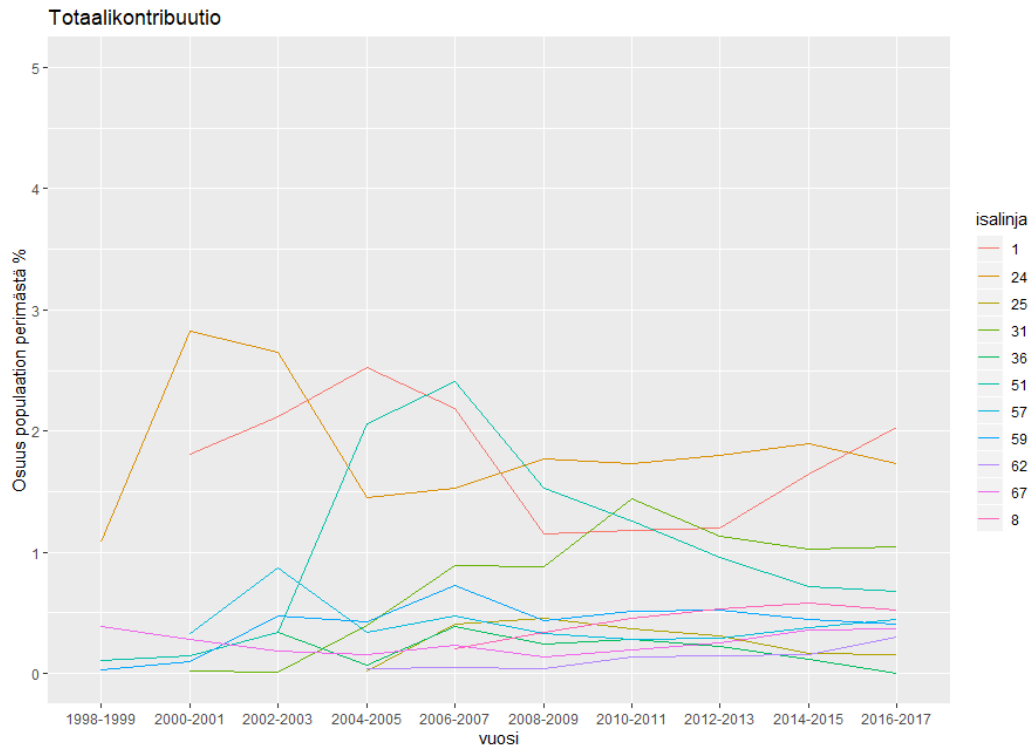


Kuva 5. Suurimman populaation sukusiitos

5.3 Isälinjojen kontribuutiot

Kontribuutioiden tarkastelu isälinjoittain aloitettiin vuodesta 1998, sillä aikaisempina vuosina isälinjoihin jaoteltujen eläinten määrä oli pieni. Kuvissa 6, 7, 8 ja 9 on peräkkäin isälinjojen kontribuutiot sekä marginaalikontribuutiona että kokonaiskontribuutiona. Sekä marginaalikontribuutiot että totaalikontribuutiot esitetään vertailun vuoksi. Esimerkiksi linjan 24 kontribuution merkitys kasvaa selkeästi, kun verrataan kuvassa 6 marginaalikontribuutioiden ja totaalikontribuutioiden prosenttiarvoja keskenään.

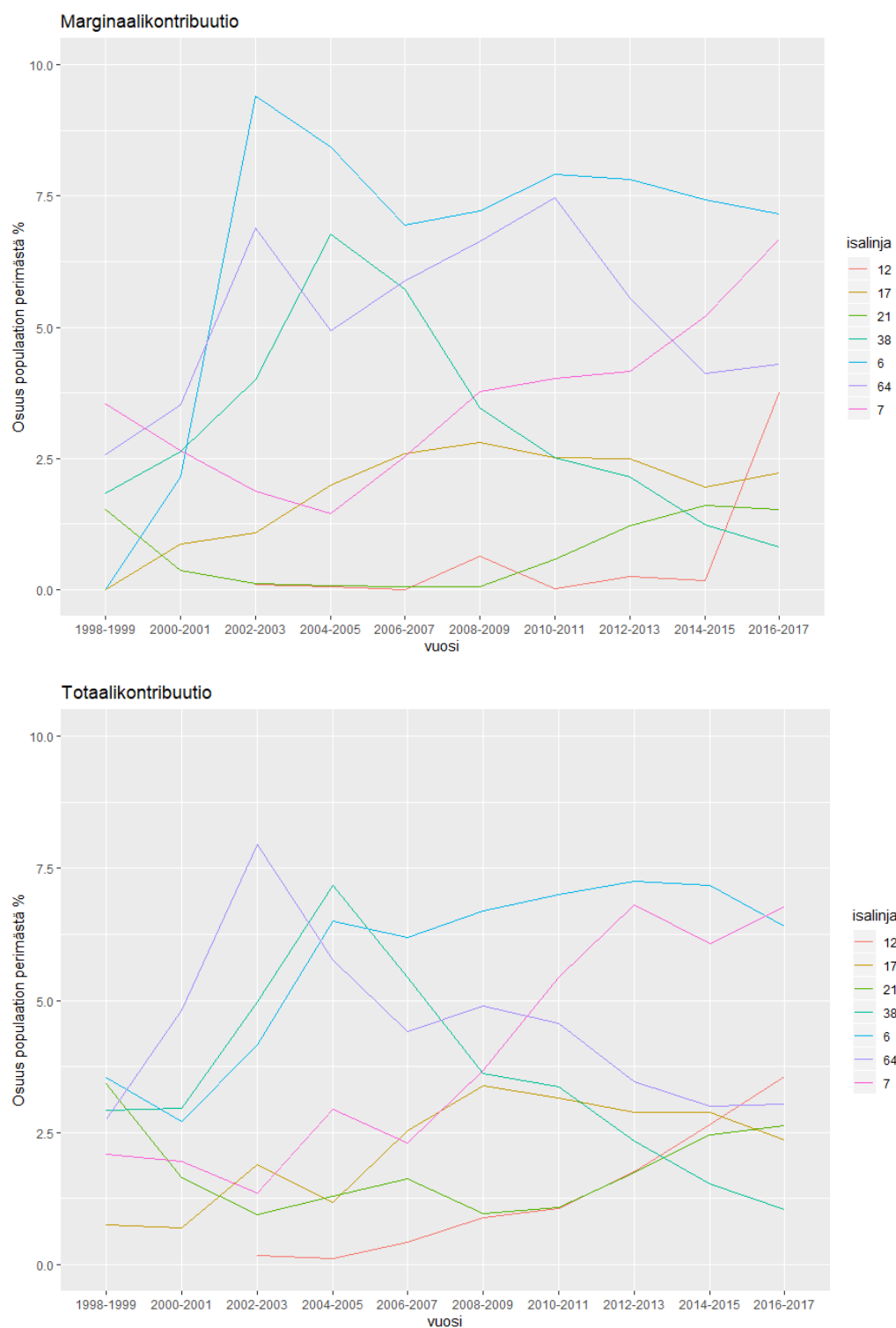




Kuva 6. Pässilinjojen 1, 24,25,31,36,51,57,59,62,67 ja 8 kontribuutiot vuosilta 1998-2017

Suurimmat kontribuutiot vuosina 2014–2015 ovat linjoilla 6 (7,2 %), 7 (6,1 %), 18 (8,5 %) ja 43 (8,1 %). Kaikista eniten vaikuttavista linjoista löytyy myös vähintään yksi pässi TOP10-listalta. Pienimmät kontribuutiot (> 0,002 %) ovat linjoilla 9, 54, 53, 50 ja 32. Näistä linjoilla 9, 54, 50 oli vain muutama yksilö. Linjasta 53 löytyi tarkasteluvuosina 523 yksilöä ja linjasta 32 766 yksilöä.

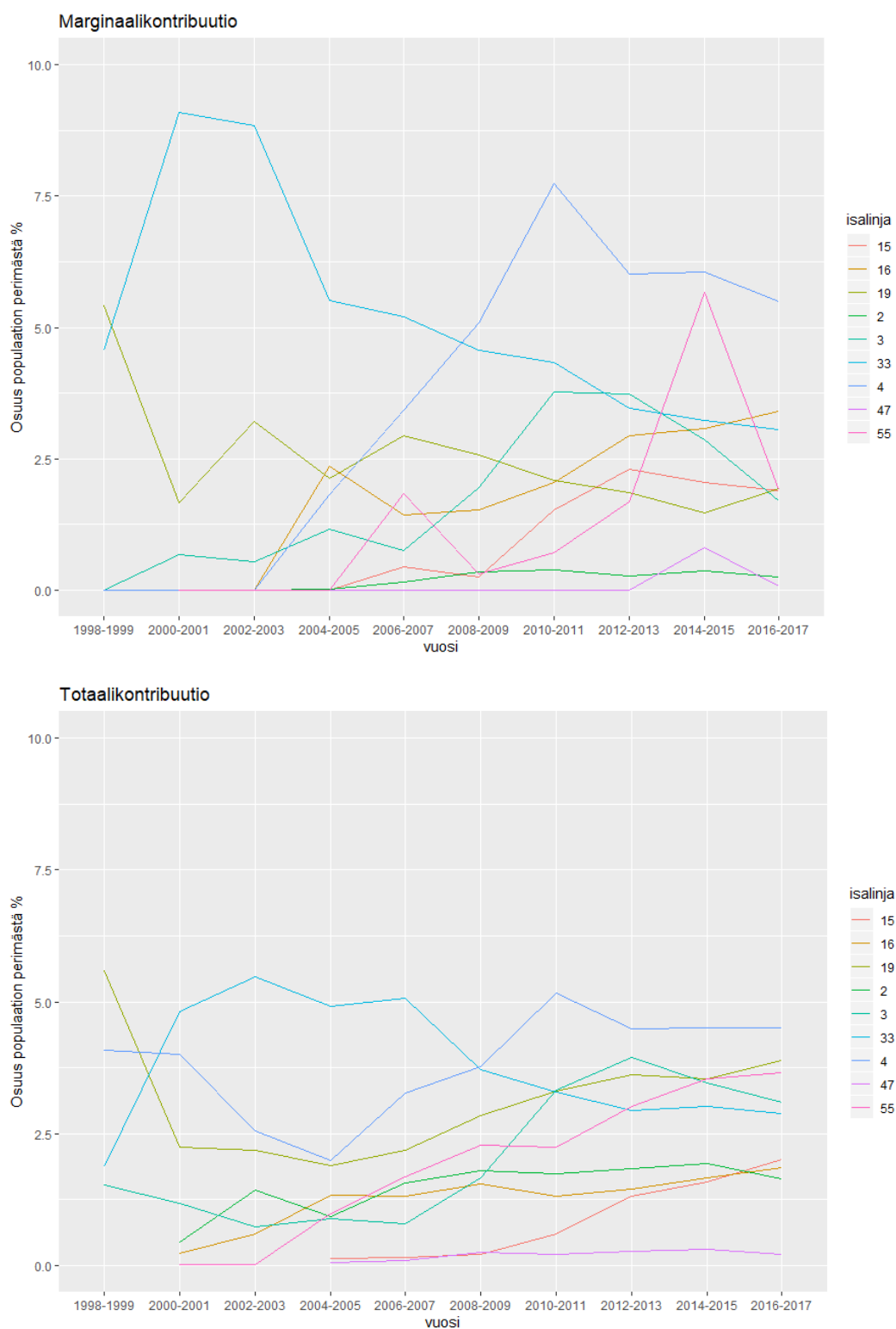
Verrattaessa samoja linjoja vuosiin 1998–1999 huomataan, että linjan 6 kontribuutio on 3,5 %, linjan 7 kontribuutio on 2,1 % ja linjan 18 5,3 %. Linjasta 43 ei löydy yhtään yksilöä vuosina 1998–1999. Vastaavasti linjan 9 kontribuutio vuosina 1998–1999 oli 0,2 %. Linjoilla 54, 53, 50 ja 32 ei ollut yksilöitä vuosina 1998–1999.



Kuva 7. Pässilinjojen 12, 17, 21, 38, 6, 64 ja 7 kontribuutiot vuosilta 1998-2017.

Vuosina 1998–1999 suurimmat kontribuutiot ovat linjoilla 30 (8,6 %), 45 (9,2 %), 56 (10,8 %) ja 66 (8,0 %). On kuitenkin tärkeää muistaa, että yksilömäärät eivät olleet suuria vuosien 1998–1999 tarkastelujaksona. Kaikki nämä linjat ovat väriltään valkoisia (Suomenlampaan jalostusopas 2016).

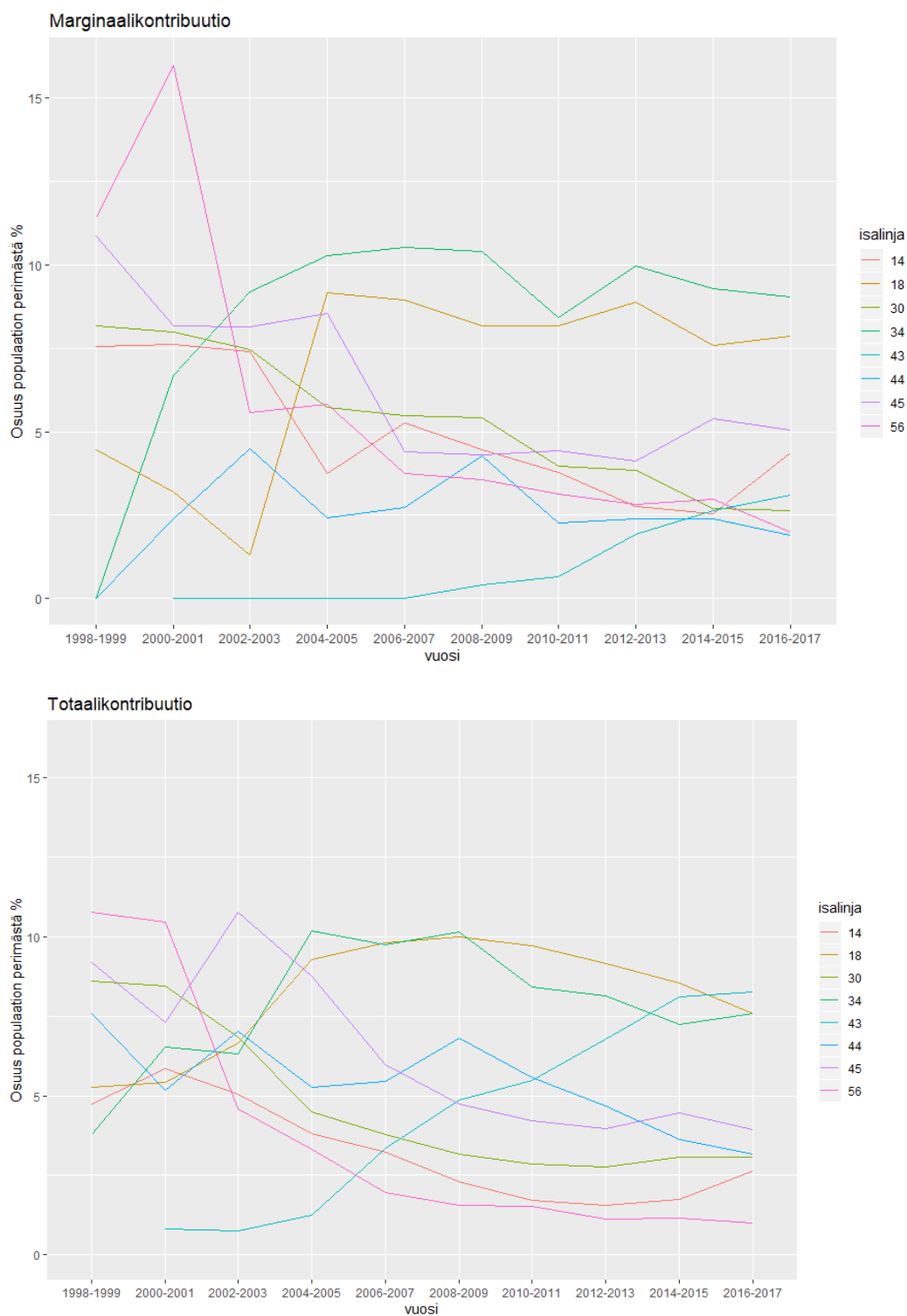
Marginaalikontribuutioita tarkastellessa suurimmat kontribuutiot vuosina 2014–2015 olivat linjoissa 6 (7,44 %), 18 (7,58 %) sekä 34 (9,28 %). Hyvin pieniä kontribuutioita löytyi useista eri linjoista. Vuosina 1998–1999 linjan 18 marginaalikontribuutio oli 4,47 %. Vuosina 1998–1999 sekä linjan 6, että linjan valkoista väriä periyttävän linjan 34, vaikuttavuus oli hyvin pientä. Vuosina 1998–1999 eniten vaikuttaneet linjat olivat 13 (10,35 %), linja 45 (10,86 %), linja 56 (11,43 %) sekä linja 66 (20,54 %).



Kuva 8. Pässilinjojen 15, 16, 19, 2, 3, 33, 4, 47 ja 55 kontribuutiot vuosina 1998–2017

Tarkastellessa sekä totaalikontribuutiota että marginaalikontribuutiota vuosien 1998–1999 ajanjaksona voidaan nähdä, että samat eniten vaikuttavat linjat toistuvat. Kolmen linjan, 45, 56, 66 marginaalikontribuutiot ovat suuremmat kuin totaalikontribuutiot. Kuitenkin linjassa 66 totaalikontribuutio vuosina 98-99 on lähes puolet suurempi kuin

marginaalikontribuutio. Vuosina 2014–2015 esille nousevia linjoja ovat 6 ja 18. Erot eri tarkastelutapojen välillä eivät ole niin suuret mitä lähemmäksi nykyhetkeä päästään, koska linjoihin on merkitty enemmän yksilöitä.

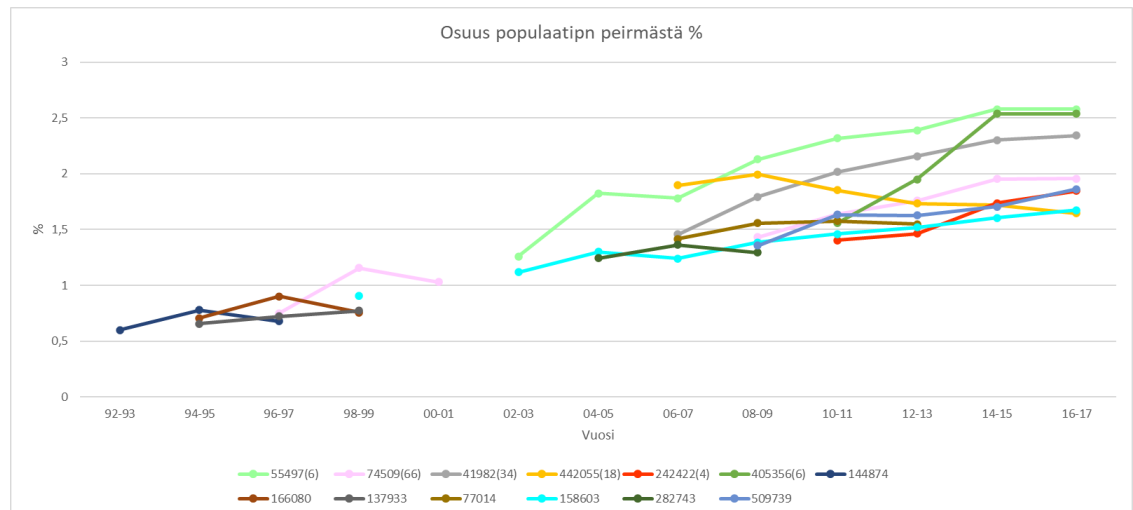


Kuva 9. Pässilinjojen 14, 18, 30, 34, 43, 44, 45 ja 65 kontribuutiot vuosilta 1998-2017

Vuosina 2014–2015 suurimmat erot marginaali- ja totaalikontribuutioissa olivat linjoilla 12, 9, 34, 43, 55 ja 66. Marginaalikontribuutio oli suurempi totaalikontribuutio linjoilla 34 (erotus 2,04), 55 (erotus 2,13) ja 66 (erotus 4,12). Totaalikontribuutio vastaavasti oli suurempi kuin marginaalikontribuutio linjoilla 13 (erotus 2,48), 19 (erotus 2,06) ja 43 (erotus 5,48)

5.4 Yksittäisten eläinten kontribuutiot

Yksittäisten eläinten kontribuutioiden tarkastelu paljasti muutamia yksilöitä, joiden vaikutukset näkyivät pitkään populaatiossa. Eniten populaatioon vaikuttaneiden yksilöiden taustalta löytyi viisi eri pääsilinjaa, mutta useimpien pitkään vaikuttaneiden pääsien isälinjat eivät olleet tiedossa. Esimerkiksi pässi 158603, jonka isälinja on tuntematon, esiintyi eniten kontribuutiota aiheuttavien eläinten TOP10-listauksissa yhdeksällä eri tarkastelujaksolla. Pässi 55497, jonka isälinja on numero 6, esiintyi TOP10-listoilla 8 kertaa. Myös toinen, linjan 6 pässi 405356, esiintyi neljällä eri tarkastelujaksolla. Pässi 55497 on pääsin 405356 isä. TOP10-listalla useimmiten esiintyvät pässit on annettu kuvassa 10. Yksilöiden isälinjat on merkitty sulkuihin, jos tieto on saatavilla.



Kuva 10. Eniten populaatioon vaikuttaneet yksilöt

Yksittäisten eläinten vaikutusta populaatioon tarkastellessa linjan 66 pässi 74509 esiintyy sekä vuosien 1998–1999 TOP10-listauksessa, että vuosien 2014–2015 TOP10-listauksessa (Taulukko 4). Pässi on vaikuttanut yksilötasolla huomattavasti populaatioon

15 vuotta vuosien 1996-2001 ja vuosien 2008-2017 aikana. Vuosien 2008–2017 aikana pässin 74509 kontribuutio on ollut tasaisessa nousussa. Toinen taulukossa 4 merkitty pässi, jonka linja tiedetään, on 175902 (linja 44). Se esiintyy vain vuosien 1996–1999 aikana. Näiden lisäksi taulukon 4 listauksissa oleva pässi 158603 esiintyy TOP10 taulukoissa vuosina 1998–1999 sekä vuosina 2002–2017. Vuosina 1998–1999 pässin kontribuutio on ollut 0,9 % ja vuosina 2016–2017 1,6 %.

Taulukko 4. TOP10 eläimet vuosien 1998-1999 sekä vuosien 2014-2015 aikana

Vuodet	ID	Sukupuoli	Syntymävuosi	Isälinja	Väri	%-osuus
1998- 1999	74509	Pässi	1992	66	V	1,16
	158603	Pässi	1991	-9	V	0,90
	331592	Pässi	1987	-9	V	0,88
	137933	Pässi	1990	-9	V	0,77
	112267	Pässi	1987	-9	R	0,76
	166080	Pässi	1990	-9	V	0,76
	112232	Pässi	1986	-9	R	0,75
	84348	Pässi	1993	-9	V	0,75
	175902	Pässi	1991	44	V	0,75
	164771	Pässi	1991	-9	V	0,72
2014- 2015	55497	Pässi	1994	6	V	2,58
	405356	Pässi	2001	6	V	2,54
	41982	Pässi	1995	34	V	2,30
	74509	Pässi	1992	66	V	1,95
	775724	Pässi	2006	43	V	1,94
	242422	Pässi	1998	4	V	1,74
	442055	Pässi	2001	18	R	1,72
	509739	Pässi	2001	-9	V	1,71
	158603	Pässi	1991	-9	V	1,6
	240348	Uuhi	1995	-9	V	1,59

Verrattaessa vuosien 1998-1999 ja vuosien 2015-2015 eniten populaatioon vaikuttaneita eläimiä huomataan, että yksittäisen eläimen prosenttiosuus kasvaa mitä lähemmäksi nykyaikaa tullaan. Pässin 74509 vaikuttavuus on 15 vuodessa noussut 0.8 prosenttiyksikköä. Poikkeuksena kuitenkin linjan 18 eläin 442055, jonka vaikuttavuus on laskenut vuosista 2008-2009. Muuten pitkään vaikuttaneet yksilöt, jotka esiintyvät kuvassa 10, ovat useimmiten nostaneet vaikuttavuutta, joskin käyrien kasvu on

tasaantunut vuosien 2014-2015 aikana. Pässit hallitsevat kontribuutioihin liittyviä lisätauksia, sillä niillä on useimmiten uuhia enemmän jälkeläisiä.

6. TULOSTEN TARKASTELU

Tämän tutkielman tavoitteena oli tarkastella suomenlammaspässilinjouja ja niiden vaikuttavuutta suomenlammaspopulaatiossa. Tarkasteluun valittiin suurin toisilleen sukua olevien eläinten muodostama populaatio. Pässilinjoujen esiintymisessä ja vaikuttavuudessa oli havaittavissa selkeitä eroja. Lisäksi oli mahdollista löytää linjat, joilla oli pitkällä aikavälillä tarkasteltaessa suuri merkitys populaation rakenteeseen.

Suomenlammas on yksi alkuperäisroduistamme ja mukana Suomen kansallisessa eläingenivaraohjelmassa. Suomenlampaalla on tärkeä rooli kulttuurihistoriassa ja se edustaa elävää kulttuuriperintöä (Maijala 1999, Suomen kansallinen eläingenivaraohjelma 2004). Maatiaisrodut ovat useimmiten sopeutuneet omaan elinympäristöönsä. Rodun säilyttämisellä on myös tieteellisiä perusteita. Alkuperäisrodut saattavat esimerkiksi kantaa geenejä, joista on hyötyä tulevaisuudessa eläinterveyden ylläpidossa, tai uusien lammastuotteiden valmistuksessa (Thomas).

Suomenlampaalla korostuu paitsi rodun elinvoimaisuuden ylläpito, myös harvalukuisempien isälinjoujen vaaliminen. Pakastesperman ansiosta on pystytty elvyttämään kaksi hiipunutta suomenlammaspässilinjou; 80 ja 81. Tämä on yksi osoitus kansallisen eläingenivaraohjelman hyödyllisyydestä ja ohjelman tarpeellisuudesta.

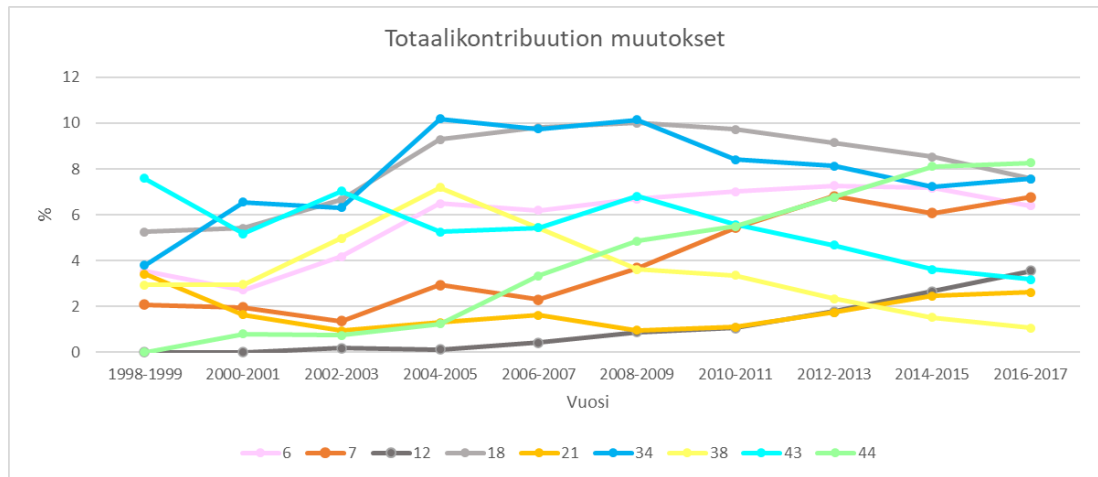
Suomenlammas on suosittu rotu risteytystuotannossa hyvän hedelmällisyytensä takia. Suosio risteytystuotannossa voi aiheuttaa rodulle myös vaikeuksia, kun puhdasrotuisia suomenlammassuuhia astutetaan muun rotuisella pässillä (Suomen kansallinen eläingenivaraohjelma 2004). Risteytystuotantoon tarvitaan kuitenkin myös hyvälaatuisia puhdasrotuisia eläimiä.

6.1 Kontribuutiot

Kun tehdään yhteenvetoa populaatioon eniten vaikuttaneista eläimistä ja pääsilinjoista, huomataan että eniten vaikuttaneilla linjoilla on myös populaatioon suuresti vaikuttaneita yksittäisiä eläimiä. Tietyt pässit toistuivat useina eri vuosina tarkastellessa populaatioon suuresti vaikuttaneita yksilöitä. Lisäksi tietyjen linjojen pässeillä oli pääsipokia, jotka myös vaikuttivat suuresti populaation. Tällaiset yksilöt nostavat myös koko linjan kontribuutiota.

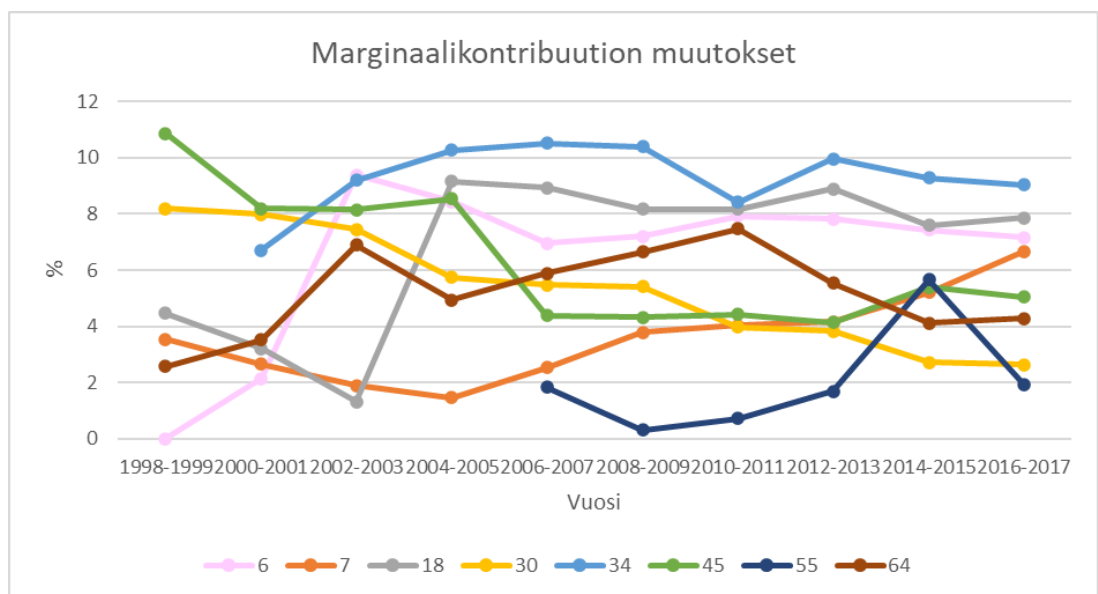
Aineistossa oli ensimmäisinä vuosina vain muutamia eläimiä joistakin linjoista, joten kontribuutioiden tarkastelu aloitettiin vuosina 1998-1999 syntyneistä yksilöistä. Vuosina 1988-1989 syntyneiden eläinten esivanhemmat edustivat viittä linjaa, joista ainoastaan yksi (linja 5) on sellainen, johon ei tarkasteltavan aineiston loppupäässä näytä syntyneen uusia yksilöitä. Lammaspopulaation kasvaessa ovat yksilömäärät lähestulkoon jokaisesta linjasta myös nousseet. Osa linjoista on kuitenkin yhä vain muutaman pääsin varassa. Kaikkien pääsilinjojen säilyttäminen ja elinvoimaisena säilyttäminen on tärkeää, sillä menetettyjen linjojen kautta voidaan menettää tärkeää geeniperimää.

Totaalikontribuutioita tarkastellessa vuosina 2014-2015 linjoilla 18 (8,5 %), 44 (8,1 %) 34 (7,2 %) ja 6 (7,2 %) oli suurin vaikutus tarkasteltavaan populaatioon. Linjoilla 18, 34 ja 6 kontribuutiot olivat laskeneet vuosista 2012-2013. Ainoastaan linjan 43 kontribuutio oli kasvanut. Tarkastelujaksojen 2012-2013 ja 2014-2015 aikana eniten kontribuutiota kasvattaneet linjat olivat 12 (1,77 % \rightarrow 2,65 % = 0,89), 21 (1,74 % \rightarrow 2,46 % = 0,72) ja 44 (6,77 % \rightarrow 8,11 % = 1,35). Eniten laskeneet linjat taas olivat 7 (6,80 % \rightarrow 6,07 % = -0,74), 34 (8,13 % \rightarrow 7,24 % = -0,89), 38 (2,33 % \rightarrow 1,53 % = -0,81) ja 44 (4,68 % \rightarrow 3,63 % = -1,05). Taulukossa 11 on havainnollistettu totaalikontribuutioiden muutosta.



Kuva 11. Totaalikontribuution muutokset linjoissa, joissa muutokset olivat suurimmat

Marginaalikontribuutioita tarkastellessa eniten tarkasteltavaan populaatioon vuosina 2014-2015 vaikuttivat linjat 18 (7,5 %), 34 (9,3 %) ja 6 (7,4 %). Marginaalikontribuutiossa erot olivat keskimäärin suurempia tarkastelujaksojen 2012-2013 ja 2014-2015 välisenä aikana. Eniten marginaalikontribuutiota kasvattaneet linjat olivat 7 (4,15 % → 5,21 % = 1,05), 45 (4,13 % → 5,38 % = 1,25) ja 55 (1,68 % → 5,66 % = 3,98). Eniten marginaalikontribuutiota pudottaneet linjat olivat 18 (8,89 % → 7,58 % = -1,30), 30 (3,83 % → 2,70 % = -1,12) ja 64 (5,54 % → 4,11 % = -1,43). Marginaalikontribuutioiden muutoksia on havainnollistettu kuvassa 12.



Kuva 12. Marginaalikontribuution muutokset linjoissa, joissa muutokset olivat suurimmat

Eniten suurimpaan populaatioon vaikuttaneet linjat olivat valkoisia. TOP10 listauksissa nousivat esiin myös ruskeat pässit. Tiettyjen ruskeiden pässien kontribuutio voidaan osittain selittää sillä, että ruskea on suomenlampaiden harvinaisin jalostettava väritys. Tällöin on oletettavaa, että harvinaista väriä periyttävää pässiä käytetään runsaasti. Puh- taasti mustia linjoja ei noussut esiin aineiston käsittelyssä. Tätä voidaan selittää sillä, että pelkästään mustaa periyttäviä linjoja ei suomenlampaasta löydy lukuun ottamatta linjaa 13. Valtaosa ns. mustista linjoista periyttää myös joko/tai valkoista sekä ruskeaa väriä.

Tarkastellessa yksittäisten eläinten kontribuutioita pystyttiin havainnoimaan, että jotkin yksilöt esiintyvät eniten populaatioon vaikuttavissa listauksissa yli 15 vuotta. Näiden yksilöiden prosenttiosuus on myös osittain tasaisessa nousussa, eli ne vaikuttavat yhä enenevässä määrin populaatioon.

Huippupässien liikakäyttö voi vaikuttaa negatiivisesti rodun teholliseen populaatioko- koon ja vähentää perinnöllistä monimuotoisuutta. Esimerkiksi koirajalostuksessa eri maiden kennelliitot ovat asettaneet ehtoja matador-urosten käytölle. Esimerkiksi voi- daan suositella, että yksilön jälkeläisten määrä viideltä vuodelta jää alle 5 % populaati- ossa (Indrebø 2008). Suomenlampaalla yksittäisten eläinten vaikuttavuus koko popu- laatioon ei kuitenkaan ole huolestuttavalla tasolla.

6.2 Sukusiitos

Keskimääräinen sukusiitosaste oli suurimmillaan vuosina 2004-2006 noin 2 %. Tämän jälkeen sukusiitosaste on kuitenkin laskenut hypähdellen. Koko populaatiossa jalostuk- seen käytettyjen eläinten keskimääräinen sukusiitosaste oli noin 1 %. Sukusiitos ei ole ongelma suomenlampaalle. Tätä tukee Li ym. (2009) tutkimus, jossa sukusiitosprosentti oli alle 3 prosenttia yli 80 % tarkasteluun valituista eläimistä. Li ym. (2009) aineiston rajauksessa oli käytetty tietoa sukupuun kattavuudesta, jonka raja-arvoksi oli asetettu 0.6. Suomenlampaan kokonaisuudessaan alhaista sukusiitosastetta tukevat myös Tapio ym. (2003 ja 2005) tehdyt selvitykset Pohjois-Euroopan lammasroduista.

Sukusiitoksen seurauksena voi aiheutua sukusiitostaantumaa (Falconer ja Mackay 1996). Sukusiitostaantuma heikentää yksilön kasvua, tuotosominaisuuksia,

hedelmällisyyttä sekä terveyttä. Taantumien vaikutukset eivät kuitenkaan ole yhtä suuria kaikilla roduilla (van Wyk, ym. 2009). Lampailla sukusiitos voi vaikuttaa hedelmällisyyteen ja karitsojen selviytymiseen vieroitus- ja teurasikäisiksi (Lamberson ym. 1984). Sukusiitos voi myös johtaa haitallisten alleelien yleistymiseen populaatioissa. Sukusiitoksen voimakkuuteen vaikuttaa mm. sukupuolijakauma ja käytettyjen jalostuseläinten määrä (Oldenbroek ja van der Waaij 2014). Jotta populaation fitness säilyy, sukusiitosaste ei saisi nousta enempää kuin 1 % sukupolven aikana (Bijma 2000).

Pienessä suomenlammaspopulaatioissa tutkittiin vuosien 1966-2000 aikana sukusiitosasteen kasvun vaikutusta uuhien vuonuekokoon ja karitsojen selviytymiseen vieroitusikäiseksi (Kallweit ja Baulain 2001). Yksittäisen eläimen sukusiitosaste oli korkeimmillaan lähes 13 %. Kotieläintuotannossa jonkinlaisena rajana yksittäisen eläimen sukusiitosasteesta voidaan pitää 6.5 %, joka vastaa käytännössä serkusparitusta (Bjelland ym. 2013). Aineiston pohjalta ei kuitenkaan voitu päätellä, että sukusiitoksella olisi ollut suurta vaikutusta populaatioissa syntyneiden karitsojen määrään tai kuolleisuuteen ennen vieroitusikää (Kallweit ja Baulain 2001). Kun aineistoa tarkasteltiin viiden vuoden sykleissä, pystyttiin havaitsemaan pientä heikkenemistä hedelmällisyysominaisuuksissa. Tulokset eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkittäviä. Yhdeksi osasyysiksi sukusiitoksen alhaiseen vaikutukseen epäiltiin suomenlampaan korkeaa hedelmällisyyttä, jolloin vaikutukset eivät ole niin suuret kuin roduilla, joiden hedelmällisyys on heikompi (Kallweit ja Baulain 2001, Rzewuska ym. 2005).

Tanskalaisissa texel-, shropshire- ja oxford down-lammaspopulaatioissa tutkittiin sukusiitoksen vaikutusta lampaiden tuotanto-ominaisuuksiin (Norberg ja Sørensen 2007). 10 % nousun sukusiitosasteessa arvioitiin vaikuttavan lampaiden vuonuekokoihin 1.2-2.0 % pienentävästi ja karitsojen syntymäpainoihin jopa 1.2-2.6 % pienentävästi. Suurin vaikutus näkyi texelissä. Toisessa tutkimuksessa (Van Wyk ym. 2009) havaittiin, että yhden prosentin nosto sukusiitosastetta pienensi syntymäpainoja noin 6 g ja vieroituspainoja 93 g. Syntymä- ja vieroituspainojen pieneneminen oli tilastollisesti merkittävä (Van Wyk ym. 2009). Useimmiten populaatioissa mitataan sukusiitosasteen kasvua yhden sukupolven tai vuoden aikana. Kotieläintuotannossa sukusiitoksen kasvu ei tulisi olla enempää kuin 0,5 % - 1 % sukupolvessa (Norberg ja Sørensen 2007).

6.3 Tehollinen populaatiokoko

Suurimassa populaatiossa tehollinen populaatiokoko on 106. Li ym. (2009) tuloksissa koko suomenlammaspopulaation teholliseksi populaatiokooksi arvioitiin 119 tai 122 riippuen menetelmästä. Suomenlampaan tilanteen voidaan katsoa olevan hyvä, mutta tilanteeseen tulisi kiinnittää huomiota. Meuwissen (1999) suositteli, että tehollisen populaatiokoon tulisi olla vähintään 50 eläintä. Kuitenkin tehollisen populaatiokoon tippuessa alle 100 eläimeen, voi populaation elinvoima heikentyä. Tehollinen populaatiokoon pieneneminen voi johtaa sukusiitoksen kasvuun populaation sisällä (Falconer ja Mackay 1996).

6.4 Sukupolvien välinen aika

Vuoden 2009 artikkelissa (Li, ym.) suomenlammaspopulaation sukupolvien välinen aika oli 2,9 vuotta. Tämän aineiston pohjalta sukupolvien välinen aika olisi kasvanut noin 3 vuoteen. Sekä pässien että uuhien keskimääräinen sukupolvien välinen aika ylitti Li ym. (2009) artikkelissa esittämän sukupolvien välisen ajan. Tässä aineistossa lyhin sukupolvien välinen aika oli pässien ja niiden pässipoikien välinen aika 2,7 vuotta. Vastaavasti pisin sukupolvien välinen aika oli uuhien ja niiden pässipoikien välillä 3,4 vuotta.

On tyypillistä, että pässeistä lähtevien polkujen sukupolvien välinen aika on lyhyempi kuin uuhilta (Goyache ym. 2002). Hyviltä pässeiltä tavallisesti halutaan pässipoika uudeksi jalostuspässiksi. Uuden jalostuspässin emän valinnassa, uuhelta kuitenkin odotetaan useamman vuonueen tuloksia.

Li ym. (2009) artikkelissa oli lisäksi vertailtu uusiseelantilaisia ja egyptiläisiä lammaspopulaatioita, joiden sukupolvien välinen aika vaihteli 3 vuodesta 4,4 vuoteen. Suomenlampaalla syy lyhyeen sukupolvien väliseen aikaan perustuu todennäköisesti suomenlampaan varhaiselle sukukypsyydelle.

7. JOHTOPÄÄTÖKSET

Suomenlampaassa on useita eri isälinjoja, eikä mikään yksittäinen linja ole muodostanut populaatioon huomattavan suurta kontribuutiota. Valtaosaksi linjojen kontribuutioissa ei myöskään tapahdu suuria muutoksia lyhyellä aikavälillä, vaan muutokset tapahtuvat hitaasti ja ovat pienempiä kuin aineiston alkuvuosien perusteella. Olisi kuitenkin hyvä kiinnittää huomiota linjoihin, joiden yksilömäärät ja kontribuutiot ovat olleet jo useamman vuoden tasaisessa laskussa. Tällaisiin ns. laskeviin linjoihin tulisi panostaa, etteivät ne pääse kuihtumaan kokonaan.

Yksittäisellä eläimellä näyttäisi aineiston perusteella olevan entistä suurempi vaikutus populaatioon. Tämä voi kertoa esimerkiksi siitä, että tilakokojen kasvaessa ja tuotannon intensiteetin kehittyessä yksittäinen pässi pääsee astumaan aiempaa suuremman määrän uuhia ja pässille syntyy sitä kautta enemmän jälkeläisiä. Olisi tärkeää ottaa huomioon mahdollisuudet, jossa jokin tietty linja alkaa dominoimaan yksittäisten eläinten kontribuutiolistauksia. Linjoissa ei tulisi tyytyä käyttämään vain muutamaa linjan pässiä. Listauksia hallitsevat lähinnä valkoiset pässit, mutta tämä voi johtua valkoisten suomenlampaiden suuremmasta määrästä verrattuna muihin väreihin.

Suomenlammas on vaikeista ajoista huolimatta onnistunut pitämään hyvän maineensa, eikä se ole kärsinyt nopeista, suurista yksilömäärien laskuista, jotka voisivat aiheuttaa ongelmia rodun geneettisessä monimuotoisuudessa. Sukusiitoksen osuus populaatiossa ei ole noussut huomattavalle tasolle.

Lammastalous on perinteisesti suosinut astutuspässien käyttöä astutusryhmissä. Siemennesteen kerääminen ja pakastaminen, sekä keinosiemennys voisivat olla erityisesti harvinaisemmissa linjoissa vartenotettavia keinoja lisätä linjojen elinvoimaisuutta. Keinosiemennys mahdollistaisi myös pienempien linjojen leviämisen laajemmalla alueella, kun elävien jalostuspässien siirtoa tilalta toiselle ei tarvittaisi. Keinosiemennyksen avulla voitaisiin myös valita laajemmasta lukumäärästä pienempiin linjoihin sopivat pässinemat, ja tätä kautta tehostaa jalostuspässien valintaa.

Suomenlammas on elinvoimainen rotu, jolla on annettavaa sekä suomalaiseseen kulttuurihistoriaan että elinvoimaiseen lammastalouteen ja risteytystuotantoon myös Suomen rajojen ulkopuolella. Suomessa tehtävä jalostustyö on tärkeässä roolissa rodun tulevaisuuden näkökulmasta. Rodun kasvattajat pystyvät ylläpitämään suomenlampaan

moninaisia tuotanto-ominaisuuksia, ja hyvin suunnitellulla, pitkäjänteisellä jalostustoiminnalla suomenlampaan brändiä pystytään myös jatkossa kehittämään.

KIITOKSET

Haluan kiittää ohjaajaani kotieläintenjalostustieteen professoria Pekka Uimaria ammatitaitoisesta ohjauksesta. Lisäksi kiitokset kuuluvat kotiväelle kaikesta tuesta.

LÄHTEET

- Bjelland D.W., Weigel, K.A., Vukasinovic, N., Nkrumah, J.D. 2013. Evaluation of inbreeding depression in Holstein cattle using whole-genome SNP markers and alternative measures of genomic inbreeding. *Journal of dairy science* 7:4697-4706.
- Bijma, P. 2000. Long-term genetic contributions: Predictions of rates of inbreeding and genetic gain in selected populations. Universal Press, Veenendaal: Alankomaat.
- Boichard, D., Maignel L., and Verrier. E. 1997 The value of using probabilities of gene origin to measure genetic variability in a population. *Genetics Selection Evolution* 29: 5-23.
- Falconer D.S. & Mackay Trudy F.C. 1996. *Introduction to Quantitative Genetics*. 4th Edition.
- FAO. 2007. Global plan of action for animal genetic resources and the Interlaken declaration.
- Goyache, F., Gutierrez, J., Fernandez, I., Gomez, E., Alvarez, I., Diez, J., Royo, L. 2002. Using pedigree information to monitor genetic variability of endangered populations: the Xalda sheep breed of Asturias as an example. *Journal of animal breeding and genetics* 120:95-105.
- Höggblom, M. 2007. Joka mökin elämän perustasta 2000-luvun erikoistuotantoeläimeksi. Teoksessa: Alkuperäisrotujen säilyttämisen taloudelliset, sosiaaliset ja kulttuuriset lähtökohdat. Karja, M. ja Lilja, T. (toim.) Maa- ja elintarviketalous 106.

- Indrebø, A. 2008. Animal welfare in modern dog breeding. *Acta Veterinaria Scandinavica* 50: S6.
- Juga J., Maijala K., Mäki-Tanila A., Mäntysaari E., Ojala M. ja Syväjärvi J. 1999. Kotieläinjalostus. Gummerus, Jyväskylä.
- Kallweit, E. ja Baulain, U. 2001. Reproduction performance and degree of inbreeding in a small Finnsheep population during a 34-year period. *Archiv Für Tierzucht* 44: 263-270.
- Kantanen, J. 2007. Mitä ovat maatiaiseläimet genetiikan näkökulmasta? Teoksessa: Alkuperäisrotujen säilyttämisen taloudelliset, sosiaaliset ja kulttuuriset lähtökohdat. Karja, M. ja Lilja, T. (toim.) Maa- ja elintarviketalous 106.
- Kantar TNS. 2017. Lampaanlihan tuotanto 2016. Lampaan- ja karitsanlihan tuotannon ja markkinoiden tunnusluvuista. Suomen Lammasyhdistys. <https://lammasyhdistys.fi/lampaan-ja-karitsanlihantuotanto-2016/>
- Lamberson. W., Thomas, D. 1984. Effects of inbreeding in sheep: a review. *Animal breeding*, 52: 287-297.
- Li, M., Strandén, I., Kantanen, J. 2009. Genetic diversity and pedigree analysis of the Finnsheep breed. *Journal of Animal Science* 87:1598-1605.
- Luke tilastotietokanta. Maataloustilastot. Tuotantotilastot. Haettu 25.4.2020.
- Luukkonen, T., Kurppa, S., Räikkönen, R. Lammastuotantosuunnan kartoitus, perinnöllinen potentiaali ja toimintaympäristö. Knowsheep-hankkeen kartoituksia lammastuotannosta. MTT Raportti 55. <http://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/438256/mttraportti55.pdf?sequence=5>

- Maijala, K. 1988. History, recent development and uses of Finnsheep. Journal of Agricultural Science in Finland 60: 449-454. <https://journal.fi/afs/article/view/72300>
- Maijala, K. 1999. Geneettinen monimuotoisuus. Teoksessa: Kotieläinjalostus. Savolainen S. (toim.) Gummerus kirjapaino. Jyväskylä, Suomi. s. 234-254.
- Manninen, K. 2012. Suomenlampaasta löytyy vanhimpien lammaskantojen perimää. Eläingeenivarat 2012: 6-13. <http://jukuri.luke.fi/handle/10024/534165>
- Meuwissen, T.H.E. 1999. Operation of conservation schemes. Teoksessa: Genebanks and the management of farm animal genetic resources, Oldenbroek J.K. (toim.). DLO Institute for Animal Science and Health. Lelystad, Alankomaat. s. 91-112.
- Norberg E., Sørensen, A. C. 2007. Inbreeding trend and inbreeding depression in the Danish populations of Texel, Shropshire, and Oxford Down. Journal of animal science 85: 299-304.
- Oldenbroek, K., van der Waaij, L. 2015. Textbook Animal Breeding and Genetics for BSc students. Centre for Genetic Resources The Netherlands and Animal Breeding and Genomics Centre. Saatavilla: <https://wiki.groenkennisnet.nl/display/TAB/>
- Parikka, P. 2012. Lampaanlihan omavaraisuusaste nousussa. ProAgria Keskusten Liitto. <https://www.proagria.fi/ajankohtaista/lampaanlihan-omavaraisuusaste-nousussa-ala-kehittanyt-tarjontaa-myos-kevaalle-ja-0> ,
- ProAgria Keskusten liitto. 2016. Lampaiden kantakirjaohjesääntö: Suomenlammascarodulle. ProAgria Keskusten liitto. https://proagria.fi/sites/default/files/attachment/lampaiden_kantakirjaohjesaanto_suomenlammas.pdf

- ProAgria. 2019. Lampaiden tuotosseurannan ohjesääntö. ProAgria Keskusten Liiton julkaisu 1161. https://proagria.fi/sites/default/files/attachment/tuotosseuranan_ohjesaanto_lampaat_0.pdf
- Rzewuska, K., Klewicz, J., Martyniuk E. 2005. Effect of inbred on reproduction and body weight of sheep in a closed Booroola flock. Animal Science Papers and Reports 4: 237-247.
- Sihvonen, M. 2019. Pelsolla mennään ammattimaisesti loppuun saakka. Geenivarat 2019: 12-15.
- Soini, M. 2007. Maatiaiseläinten monet arvot. Teoksessa: Alkuperäisrotujen säilyttämisen taloudelliset, sosiaaliset ja kulttuuriset lähtökohdat. Karja, M. ja Lilja, T. (toim.) Maa- ja elintarviketalous 106.
- Stranden, I. 2014. Relax2: User's guide for version 1.65. https://www.researchgate.net/publication/332144513_Relax2_program_for_pedigree_analysis_User's_guide_for_version_165
- Suomen kansallinen eläingenivaraohjelma. 2004. Maa- ja metsätalousministeriö. Saatavilla: https://mmm.fi/documents/1410837/1516663/Suomen_kansallinen_eläingenivaraohjelma.pdf/de6217f8-7ff2-4aea-9589-4bb31eef6bfd/Suomen_kansallinen_eläingenivaraohjelma.pdf.pdf
- Suomen Lammasyhdistys. 2018. Toimintakertomus 2018. https://lammasyhdistys.fi/wp-content/uploads/2019/03/SLY_toimintakertomus_2018_kotisivuille.pdf
- Suomenlampaan jalostusopas. 2016. ProAgria Etelä-Suomi ry. Lihasulan Säätiö. Paperinen opas.

Suomenlampaan pässilinjaliikenevalot. Suomen lammasyhdistys. <https://lammasyhdistys.fi/suomenlampaan-passilinjaliikennevalot/>

Tapio, M., Miceikiene, I., Vilkki, J. ja Kantanen, J. 2003. Comparison of microsatellite and blood protein diversity in sheep: Inconsistencies in fragmented breeds. *Molecular ecology* 8: 2045-2056.

Tapio, M., Tapio, I., Grislis, Z., Holm, L., Jepsson, S., Kantanen, J., Miceikiene, I., Olsaker, I., Viinalass, H. ja Eythorsdottir, J. 2005. Native breeds demonstrate high contributions to the molecular variation in Northern European Sheep. *Molecular Ecology* 14:3951-3963.

Tapio, M., Ozerov M., Viinalass, H., Kiseliöva, T., Kantanen, J. 2007. Molecular genetic variation in sheep of the central Volga area inhabited by Finno-Ugric peoples. *Agricultural and food science* 16:157-169.

Tapio, M., Ozerov, M., Tapio, I. et al. 2010. Microsatellite-based genetic diversity and population structure of domestic sheep in northern Eurasia. *BMC Genetics* 11.

Thomas, D. Differences among breeds of sheep in the U.S and their use in efficient sheep production systems. Department of Animal Science, University of Wisconsin-Madison.

Vähämetsä, H. 2002. Lamma ja hailuotolaiset korvamerkit. A.J. Mattilan Kirjapaino Ky, Kempele.

van Wyk, J.B., Fair, M.D., Cloete, S.W.P. 2009. Case study: The effect of inbreeding on the production and reproduction traits in the Elsenburg Dormer sheep stud. *Livestock Science* 120:218–2